

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DES PÂTES ET PAPIERS**

**PAR
CHRISTINE BARRATTE**

**«ÉTUDE DU CONTRÔLE THERMIQUE DES PRESSES
D'IMPRESSION OFFSET ET
DE SON IMPACT SUR LA QUALITÉ D'IMPRESSION»**

OCTOBRE 1995

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier mes directeurs de maîtrise, qui m'ont permis d'effectuer ce travail. Patrice Mangin m'a apporté son support technique et ses connaissances, Jacques Valade une aide administrative et ses conseils.

Ce travail a été financé par l'UQTR (Université du Québec à Trois-Rivières).

Le travail de recherche a été effectué entièrement dans les laboratoires de Paprican (Pulp and Paper Research Institute of Canada), qui a apporté ses moyens techniques et humains, son personnel a été d'une grande aide. En particulier, les multiples conseils et discussions de Julie Dalphond ont été très appréciés. Salomon Regev est remercié pour avoir aidé à développer la molette porte-plaque. Merci à Joe Aspler, Tetsu Uesaka, Nam N'Guyen, Jean Hamel, Sylvie Sauriol, Josiane Chasle, Sylvie Ghanimé, Sylvie Saint Amour, Lorraine Perron qui m'ont aidé durant mon séjour à Paprican.

Les conseils techniques de Mike Bruno ont été grandement appréciés et ce fut un honneur de pouvoir discuter avec lui.

Les plaques et les films ont été obtenus grâce à l'aide de Benoit Pothier du Cégep Ahuntsic (Montréal).

L'imprimerie Québecor-Lasalle a fourni des imprimés commerciaux qui ont pu être analysés.

Enfin, je tiens à remercier Christine Antoine pour son aide, ses conseils et son soutien.

RÉSUMÉ

L'influence de la température sur la qualité d'impression offset est étudiée. L'impression offset consiste à transférer une certaine quantité d'encre sur une forme imprimante (plaque), puis sur un matériau compressible (blanchet) jusqu'au support de l'impression (généralement papier). Ce processus dépend d'un grand nombre de facteurs. La meilleure qualité est recherchée. Cette étude porte sur l'un des facteurs influençant la qualité d'impression : la température. Afin de réaliser cette étude, il est nécessaire d'imprimer et de mesurer ce qui a été imprimé. Une méthode d'impression offset en laboratoire a été développée. Elle fait intervenir, un blanchet, une plaque et de la solution de mouillage comme pour l'offset commercial. La procédure d'impression mise au point est exposée. L'équipement principal est une presse de laboratoire Prüfbau. Une molette porte-plaque offset a été conçue. Elle reçoit une plaque comportant des tramés de différents pourcentages de couverture. Le mouillage puis l'encrage de la plaque permet d'imprimer. D'autre part, des programmes informatiques ont été écrits afin de pouvoir mesurer la qualité d'impression avec un analyseur d'images. Par grossissement, capture et mesure des images, il est ensuite possible de quantifier les points de trame des imprimés. Ces points théoriquement ronds subissent des déformations lors de l'impression. Une étude bibliographique fait le point des connaissances concernant les températures sur les presses d'impression. Des bilans thermiques théoriques permettent de déterminer les causes de création et de consommation de chaleur sur presse. Cette

étude quantifie des phénomènes observés sur presse lors d'études précédentes. Les expériences effectuées concernent la production d'imprimés commerciaux et de laboratoire ainsi que leur mesure par analyse d'images. Les imprimés ont été réalisés à différentes températures et pour différents papiers. Cette étude montre une influence de la température sur la déformation du point de trame et, en particulier sur la modification de la forme du point. Sur les imprimés commerciaux la température a une influence sur tous les paramètres (surface, périmètre, forme) mesurés. Sur les imprimés de laboratoire, la surface moyenne et le périmètre moyen des points ne semblent pas dépendre de la température. Par contre à température plus élevée la circularité du point se dégrade quelque soit la taille initiale du point. La perte de viscosité de l'encre, l'évaporation de la solution de mouillage, ainsi que la déformation des composants de la presse expliquent ce phénomène.

MOTS CLEFS : Offset, température, qualité d'impression, analyse d'images, impression en laboratoire

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
RÉSUMÉ	ii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vii
CHAPITRE I INTRODUCTION	1
1.1 But de l'étude	1
1.2 Moyens mis en oeuvre	3
1.3 Présentation du procédé d'impression offset	3
CHAPITRE II BIBLIOGRAPHIE : EFFET DE LA TEMPÉRATURE .	6
2.1 Sur les encres	7
2.2 Sur les presses offset	10
2.3 Modification de la température	12
CHAPITRE III BILANS THERMIQUES	17
3.1 Production de chaleur	17
3.2 Consommation de chaleur	19
3.3 Ordres de grandeur	20

CHAPITRE IV	MÉTHODE D'IMPRESSION OFFSET EN	
	LABORATOIRE	22
4.1	Matériel utilisé	22
4.2	Méthode développée	30
CHAPITRE V	ÉVALUATION DE LA QUALITÉ D'IMPRESSION PAR	
	ANALYSE D'IMAGES	38
5.1	Matériel	38
5.2	Méthode	41
CHAPITRE VI	MÉTHODOLOGIES EXPÉRIMENTALES	68
6.1	Essai commercial	68
6.2	Essai de laboratoire	68
CHAPITRE VII	RÉSULTATS ET DISCUSSION	71
7.1	Essai commercial	71
7.2	Essai de laboratoire	76
CHAPITRE VIII	CONCLUSIONS	87
CHAPITRE IX	BIBLIOGRAPHIE	89
ANNEXES		
I-	HOW TO USE IMAGE ANALYSIS TO EVALUATE PRINT QUALITY	
II-	A NEW LABORATORY TEST METHOD FOR OFFSET PRINTING	
III-	AN AUTOMATIC DETERMINATION OF THRESHOLD FOR THE IMAGE ANALYSIS OF PRINTS	
IV-	FACET ANGLE MAPPING OF TOPOGRAPHICAL IMAGES	
V-	PROGRAMMES D'ANALYSE D'IMAGES EN LANGUAGE C	

LISTE DES TABLEAUX

2.1	Températures sur presses offset	12
3.1	Production de chaleur - Valeurs numériques	21
3.2	Consommation de chaleur - Valeurs numériques	21
4.1	Réglages d'opération	36
5.1	Taille de l'image observée et résolution	47
6.1	Propriétés physiques des papiers étudiés	70
7.1	Mesures densitométriques	75
7.2	Analyse statistique - facteur de forme	83
7.3	Analyse statistique - % de couverture	83
7.4	Répétabilité de l'essai Prüfbau	85

LISTE DES FIGURES

1.1	Diagramme de cause à effet pour la qualité d'impression	2
1.2	Procédé d'impression offset	4
1.3	Recouvrement par les points de trame	5
2.1	Engraissement du point en fonction de divers paramètres	6
2.2	Viscosité de l'encre en fonction de la température	8
2.3	Courbe de température suivant la laize d'un rouleau	10
2.4	Système de refroidissement à contre-courant	13
2.5	Refroidissement par circulation d'eau	14
2.6	Système Thermotrac	16
4.1	Presse de laboratoire Prüfbau	23
4.2	Imprimé Prüfbau	22
4.3	Multipurpose printability tester Prüfbau	24
4.4	Molette porte-plaque et plaque	26
4.5	Molette porte-plaque démontée	27
4.6	Système de maintien de la plaque	28
4.7	Forme test	29
4.8	Encrage d'une unité de la batterie d'encrage	31
4.9	Mouillage de la plaque	32
4.10	Encrage de la plaque	33
4.11	Positionnement de la plaque	34
4.12	Transfert de l'encre du blanchet au papier	35
4.13	Diagramme des opérations	36
5.1	Analyseur d'images	39
5.2	Système d'acquisition des images	40
5.3	Étapes de l'analyse d'images	41

5.4	Signification du gain et de l'offset	43
5.5	Évolution de l'intensité en fonction du temps	44
5.6	Zone d'acquisition des images	45
5.7	Image d'un imprimé offset	49
5.8	Histogrammes des niveaux de gris d'un imprimé offset	50
5.9	Image d'un imprimé héliogravure	51
5.10	Histogramme des niveaux de gris d'un imprimé héliogravure	52
5.11	Dérivées	53
5.12	Image originale	54
5.13	Histogramme de l'image originale	55
5.14	Image lissée	56
5.15	Image contrastée	58
5.16	Fonction de contraste	58
5.17	Lissage	59
5.18	Histogramme de l'image transformée	59
5.19	Image binaire référence	60
5.20	Image binaire finale	61
5.21	Égalité des surfaces	62
5.22	Comparaison seuil subjectif/seuil automatique	64
5.23	Correlation seuil subjectif/seuil automatique	64
7.1	% couverture de l'encre - Imprimés commerciaux	72
7.2	Surface moyenne d'un point - Imprimés commerciaux	72
7.3	Périmètre moyen d'un point - Imprimés commerciaux	73
7.4	Forme moyenne d'un point - Imprimés commerciaux	73
7.5	% couverture d'encre - Imprimés laboratoire	77
7.6	Courbe d'engraissement - Imprimés laboratoire	78
7.7	Surface moyenne d'un point - Imprimés laboratoire	79
7.8	Périmètre moyen d'un point - Imprimés laboratoire	80
7.9	Forme moyenne d'un point - Imprimés laboratoire	81
7.10	Niveau de gris moyen - Imprimés laboratoire	82

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1.1 But de l'étude

Le sujet étudié est l'effet de la température sur la qualité d'impression. Les températures considérées sont celles des presses offset, en particulier au niveau de ses rouleaux encres, du blanchet, de la plaque, de l'encre, des cordons...

Le résultat final de l'impression dépend d'un grand nombre de paramètres plus ou moins contrôlables. La Figure 1.1 présente les paramètres principaux influençant la qualité d'impression. Ce diagramme a été établi pour la presse à essais Prüfbau, mais est applicable à une presse offset commerciale.

Notre étude porte sur l'un de ces facteurs qu'est la température sur la plaque.

Il est reconnu intuitivement que la température a une influence sur le résultat de l'impression. Peu de mesures existent prouvant ce fait. L'intérêt du sujet est accru par l'apparition de nouveaux systèmes de régulation de température sur les presses offset.

Notre étude vise à quantifier l'influence de la température sur la qualité d'impression et à vérifier s'il existe un effet relié au papier.

L'amélioration de la qualité d'impression à moindre coût est la préoccupation de tout imprimeur. Connaître les phénomènes qui modifient cette qualité donne des informations précieuses pour le bon fonctionnement d'une presse commerciale.

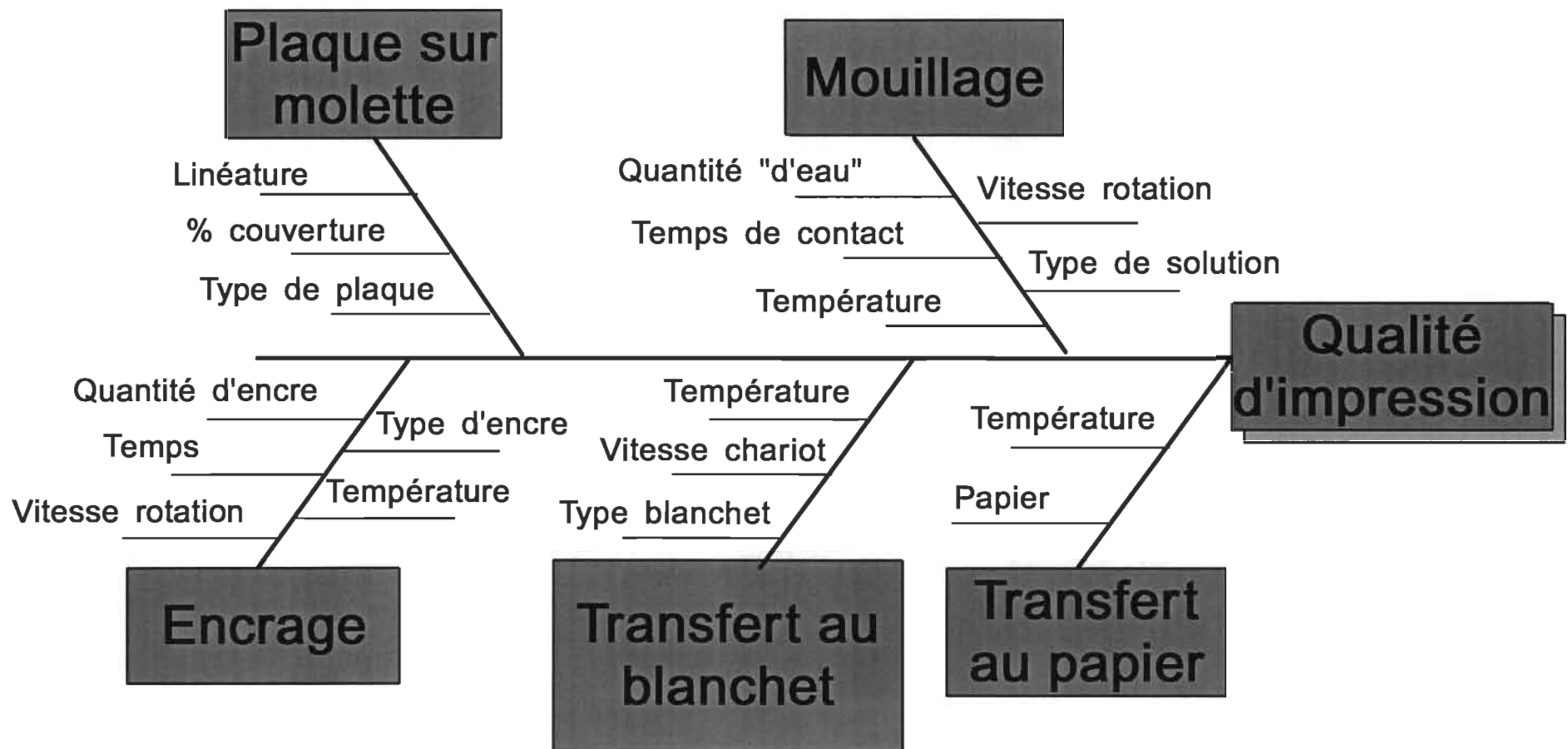


FIGURE 1.1

Diagramme de cause à effet

1.2 Moyens mis en oeuvre

Afin de réaliser l'objectif décrit ci-dessus, plusieurs appareils et méthodes ont été développées et utilisées.

Tout d'abord, les paramètres de l'impression devant être contrôlés de manière optimale, une étude en laboratoire est tout à fait appropriée. Une méthode d'impression offset a été mise au point. La méthode développée reproduit le transfert de l'encre jusqu'au papier. Des aplats, et surtout des points de trame sont imprimés. Il n'en existe pas d'autres de similaires à l'heure actuelle, toutefois d'autres laboratoires se préoccupent actuellement d'imprimer des points de trame en laboratoire.

D'autre part, une presse commerciale, équipée d'un système de modification de température, a été utilisée pour imprimer à diverses températures.

Par ailleurs, la qualité d'impression étant une notion très subjective il faut la définir par des mesures précises. L'analyse d'images est un outil fort utile à cette fin. Elle permet de quantifier chaque point de trame. Des techniques de mesure ont été développées pour quantifier les imprimés précédents.

1.3 Présentation du procédé d'impression offset

L'offset est le procédé d'impression le plus répandu. Il connaît des applications industrielles depuis une cinquantaine d'années. Il est dérivé de la lithographie.

L'offset est un procédé d'impression indirect, à plat. À plat signifie qu'il y a très peu de relief sur la forme imprimante (plaque) entre les parties recevant l'encre et les parties vierges. Par comparaison, l'héliogravure est un procédé d'impression en creux et la typographie est un procédé en relief.

En offset la distinction entre les zones imprimantes et les zones non imprimantes est effectuée par des différences d'hydrophilie sur la plaque. Les zones non imprimantes sont hydrophiles, les zones imprimantes sont hydrophobes mais par contre elles aiment l'encre qui est un composé gras. L'équilibre entre l'eau et l'encre est un aspect

fondamental de l'offset. La plaque d'impression est tout d'abord mouillée par une solution de mouillage composée essentiellement d'eau, puis encrée (Figure 1.2). L'encre est alors transférée à un blanchet, matériau compressible, qui fait de l'offset un procédé indirect. Finalement l'encre passe du blanchet au papier.

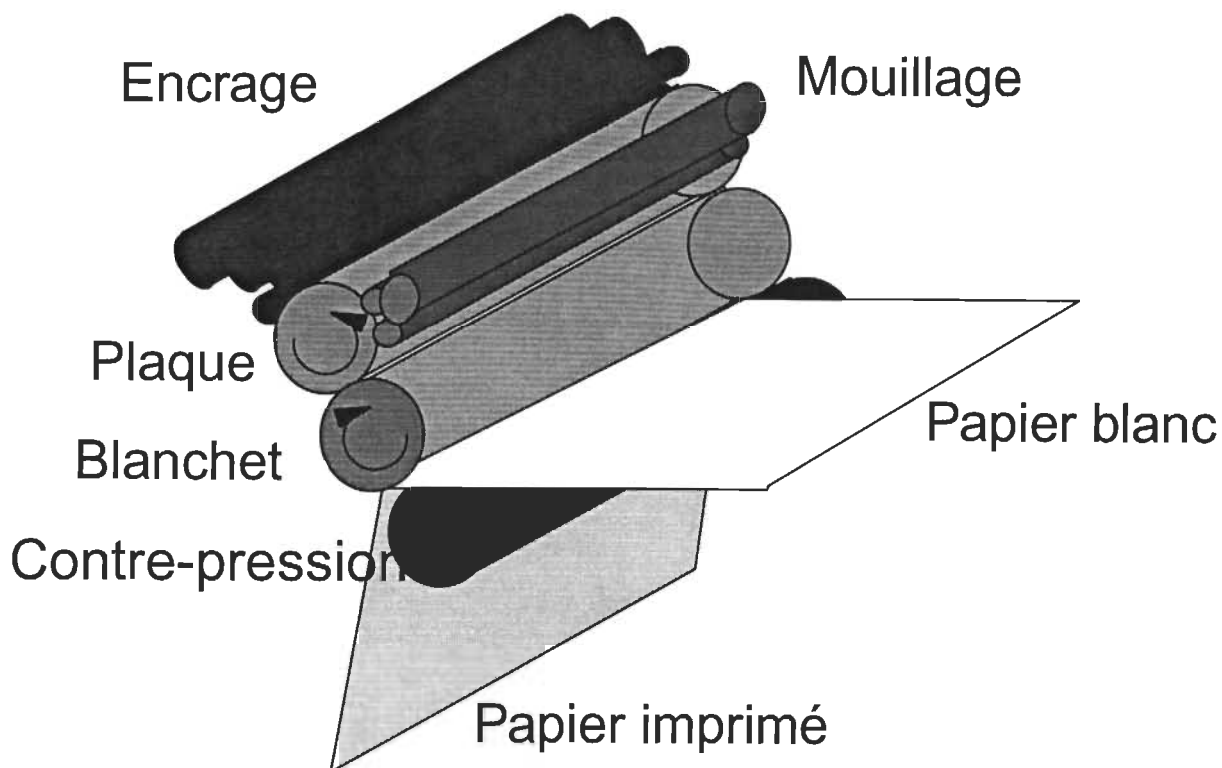


FIGURE 1.2 Procédé d'impression offset

Les images en couleurs sont en général constituées de noir et de trois couleurs dites primaires: jaune, cyan, magenta. Toutes les autres couleurs sont créées par mélange visuel de ces couleurs. Des teintes différentes sont obtenues en modifiant la taille des points imprimés. Le diamètre des points est compris entre environ 15 μm et 150 μm . À la distance normale de lecture, si plusieurs points de couleurs différentes sont juxtaposés, l'œil ne distinguera que la teinte de l'ensemble. Le recouvrement de l'encre est exprimé en pourcentage de couverture pour chaque couleur (Figure 1.3).

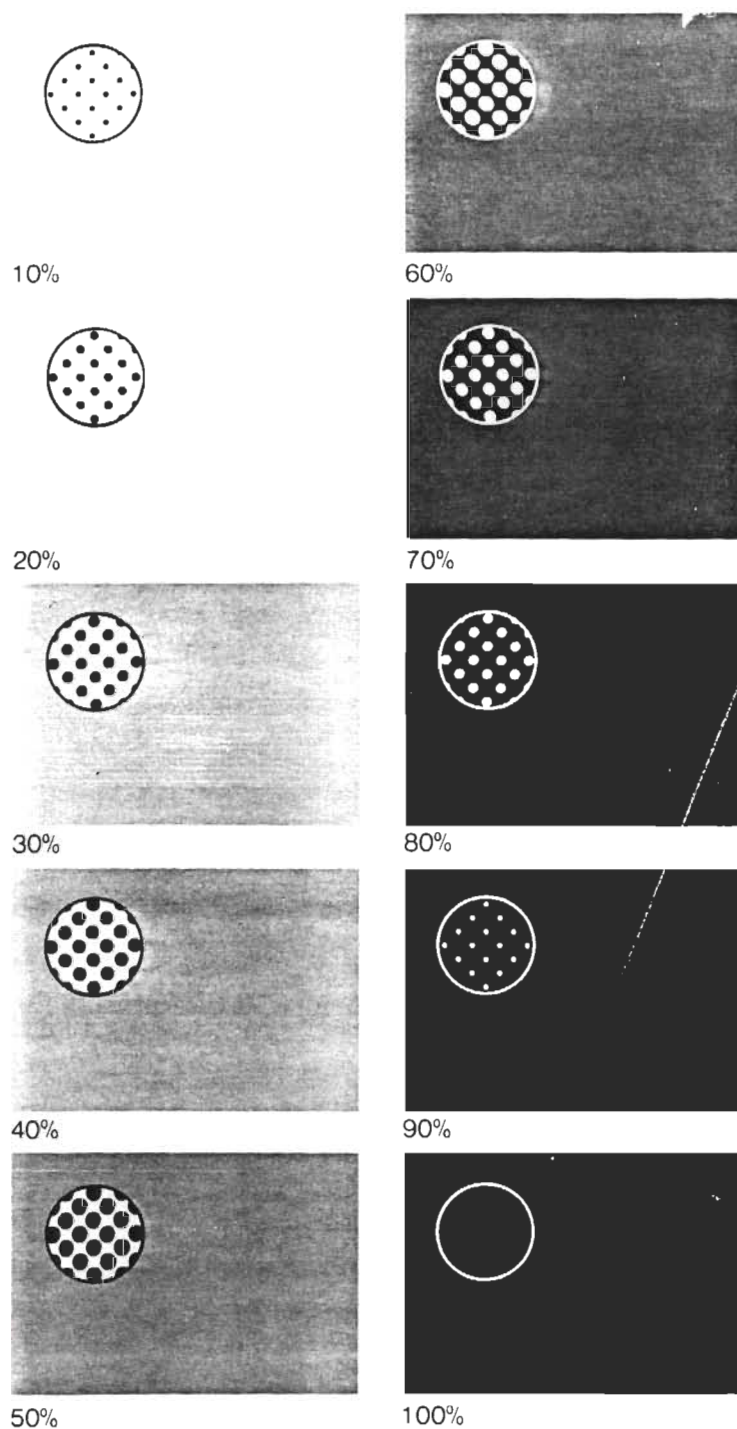


FIGURE 1.3 Reproduction des niveaux de couleur à l'aide de points de trame de différentes tailles.

CHAPITRE II

BIBLIOGRAPHIE : EFFET DE LA TEMPÉRATURE

Intuitivement, il est présumé que la température affecte l'impression. Ce phénomène a été peu mesuré. Toutefois, il existe des travaux précédents apportant des points intéressants à notre étude.

F. Dolezalek (1; 2) a montré l'influence de différents paramètres sur l'engraissement du point (Figure 2.1). L'engraissement représente le grossissement du point de trame sur le papier par rapport à sa taille théorique. Parmi les facteurs étudiés, le type d'encre est le plus important. Le second facteur est la température.

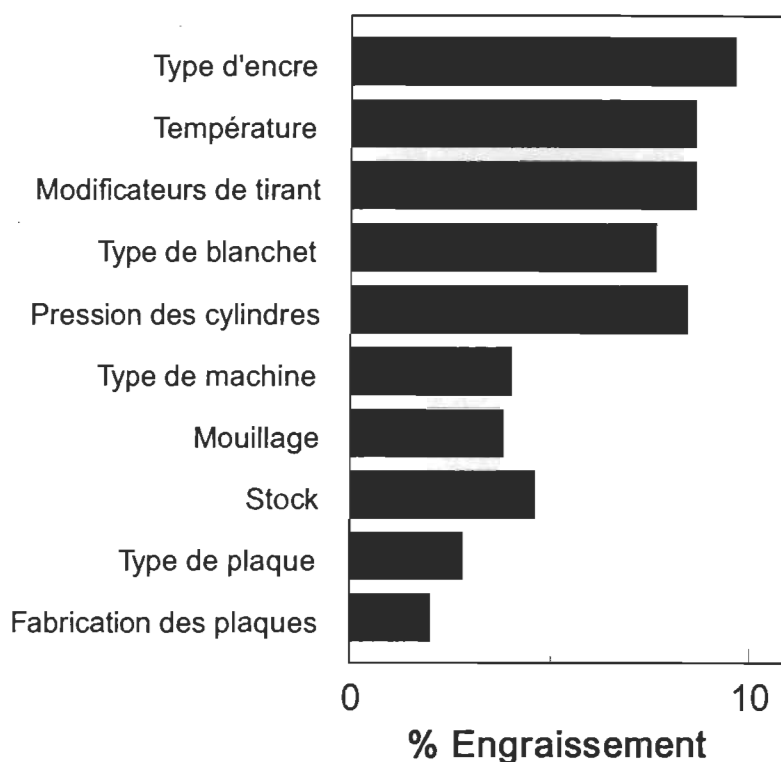


FIGURE 2.1 Engraissement du point de trame en fonction de divers paramètres

2.1 L'influence de la température sur le comportement des encres

L'encre est l'un des composants majeurs de l'impression. En effet l'impression consiste à transférer cette encre aux endroits désirés du papier.

Il est communément admis (3; 4; 5) que la viscosité d'une encre offset perd approximativement 10% de sa valeur lorsque la température s'élève de 1°C, dans le domaine d'utilisation pour l'impression.

Deux théories relient la viscosité d'une encre à la température. La première met en jeu une énergie d'activation (théorie d'Eyring, (6)) et convient bien aux polymères de faibles masses. La seconde s'appuie sur la théorie du volume libre ou théorie de William-Landel-Ferry (7), et s'applique de préférence aux polymères de hautes masses.

Equation d'Eyring

Eyring (6) décrit le processus élémentaire d'écoulement d'un liquide visqueux comme le franchissement d'une barrière énergétique par une unité moléculaire de ce liquide. Cette transition est favorisée par l'élévation de la température. La théorie d'Eyring conduit à une expression de la viscosité η en fonction de la température T de la forme :

$$\eta = A \exp \left(\frac{E_a}{RT} \right) \quad [2.1]$$

avec A : constante fonction de la fréquence propre de vibration intermoléculaire,
 E_a : énergie d'activation d'écoulement.

E_a dépend de la flexibilité de la chaîne, des interactions entre molécules, ainsi que de la microstructure de la chaîne, de la teneur en groupements polaires et de la distribution des ramifications.

Si l'écoulement n'est pas newtonien, la variation de la viscosité avec le gradient

de vitesse ou avec la contrainte doit être pris en compte (8).

Les courbes de viscosité en fonction de la température sont de la forme représentée à la Figure 2.2 (3; 4).

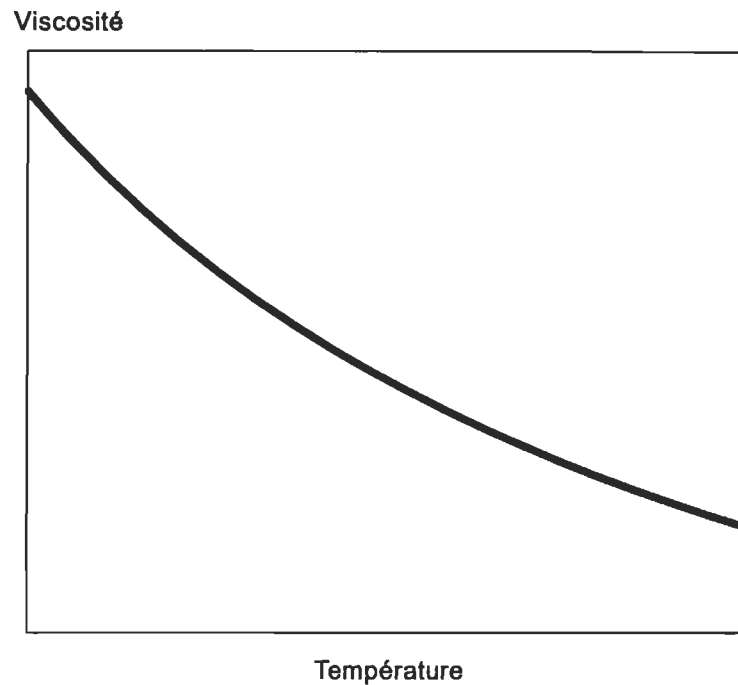


FIGURE 2.2 Viscosité de l'encre en fonction de la température

Équation William-Landel-Ferry

L'idée que la viscosité des liquides est reliée à la présence de volume libre a été exprimée par Doolittle (9)

$$\eta = A' \exp \left(\frac{B (v - v_f)}{v_f} \right) \quad [2.2]$$

avec A' et B : constantes,

v : volume spécifique,

v_f : volume libre.

Par ailleurs, il a été établi que la fraction de volume libre f varie linéairement suivant la température (7) :

$$f = f_g + \alpha (T - T_g) \quad [2.3]$$

avec T_g : température de transition vitreuse,

f_g : fraction de volume libre à T_g ,

α : coefficient d'expansion thermique du volume libre par rapport au volume total.

Des deux équations précédentes, il est déduit :

$$\log \frac{\eta}{\eta_g} = \frac{-C_{1,g}(T - T_g)}{C_{2,g} + (T - T_g)} \quad [2.4]$$

avec

$$C_{1,g} = \frac{B}{2.303 f_g} \quad [2.5]$$

$$\text{et} \quad C_{2,g} = \frac{f_g}{\alpha} \quad [2.6]$$

Cette formule est bien vérifiée dans le domaine de température compris entre T_g et $T_g + 100^\circ\text{C}$. En effet, dans ce domaine le volume libre joue un rôle important, les propriétés d'écoulement du polymère sont bien décrites.

$$\text{A } 51 \text{ K} \quad C_{1,g} = 17.44 \quad \text{et} \quad C_{2,g} = 51.6 \text{ K}$$

2.2 Température et presse offset

Des mesures de température ont été effectuées sur diverses presses lors de travaux précédents.

Wirz (10) a mesuré la température selon la laize d'un rouleau sans contrôle thermique (Figure 2.3). La courbe montre l'irrégularité du profil de température et son asymétrie.

Selon les constatations de Wirz, la température peut monter jusqu'à 40°C, s'il n'y a pas de compensation par le système d'encrage et/ou ajustement du tirant de l'encre.

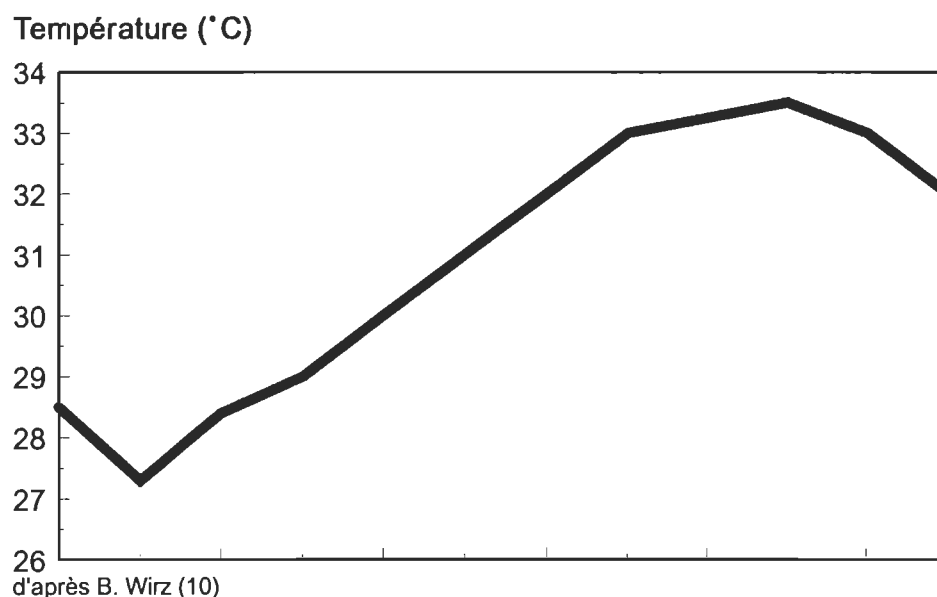


FIGURE 2.3 Courbe de température suivant la laize du rouleau

Bolanca (11) a observé les variations de température au cours du tirage pour différents procédés d'impression : offset, offset sec et typographie. La température est mesurée par un thermomètre dans l'encrier. Elle augmente régulièrement de 22°C à

28° C, en 180 mn, sans plateau. Le diamètre des points de trame a également été mesuré, il croît fortement au cours du temps. Toutefois les mesures de densité optique ne varient pas. Il est supposé que l'étalement de l'encre est compensé par sa plus forte transparence. Les conclusions de ce travail sont que la température a peu d'influence sur le résultat imprimé final, toutefois si une qualité supérieure est recherchée, la presse doit être chauffée avant d'imprimer.

S. Mockizuki (12) a mesuré les températures sur quatre presses offset à feuilles et trois presses offset rotatives. L'objectif de son étude était de prévoir, uniquement en mesurant les températures, si une presse peut être utilisée pour imprimer en offset sans eau ou pas. Les températures ont été mesurées au niveau des plaques pour chaque couleur, les intervalles obtenus sont :

Presse à feuille 1	18° C - 26° C
Presse à feuille 2	18° C - 25° C
Presse à feuille 3	17° C - 30° C
Presse à feuille 4	24° C - 27° C
Rotative 1	26° C - 36° C
Rotative 2	26° C - 28° C
Rotative 3	25° C - 32° C

D'après P. J. Mangin (13), la cause principale de création de chaleur est la succession des cycles de compression-décompression des rouleaux encres. Il est constaté que la température des rouleaux encres est inversement proportionnelle au diamètre des rouleaux.

Les mesures montrent également que la température varie en fonction du carré de la vitesse d'impression.

Le tableau 2.1 donne un récapitulatif des températures mesurées sur presses offset feuilles ou rotatives.

TABLEAU 2.1 Températures sur presses offset

Auteur	Localisation de la mesure	Température mesurée
S. Bolanca (11)	encrier	22° C - 28° C
B. Wirz (10)	encrier	22° C - 40° C
P. Mangin (13)	rouleaux	33° C - 55° C
K. Traber (24)	rouleaux	20° C - 45° C
S. Mockizuki (12)	plaque	18° C - 36° C
J. Littleton (21)	plaque cordons	29° C 29° C - 49° C

2.3 Modification de la température

Différents systèmes ont été installés sur des presses offset pour imposer une température à la presse. Ces systèmes peuvent soit refroidir, soit réchauffer. Néanmoins, il n'existe à ce jour aucun système de contrôle automatique de la température sur presse offset traditionnelle. Des mesures sont effectuées mais il n'y a pas la boucle de retour sur la commande. Par contre, cette boucle de retour existe sur des presses offset sans eau. Pour ce dernier procédé, l'augmentation de la température est un problème important car l'absence de solution de mouillage supprime un des éléments primordiaux du refroidissement.

2.3.1 Refroidissement des rouleaux

Ces systèmes sont basés sur le principe de circulation de fluide à travers les rouleaux de la presse. Les désavantages des systèmes à circulation de liquide que Wirz (10) qualifie de conventionnels sont divers. Le liquide est plus chaud à la sortie du rouleau qu'à l'entrée, ce qui entraîne une dissymétrie de la presse. Par ailleurs, les transferts de chaleur sont très mauvais à cause des frictions du fluide contre les parois. Enfin, ces systèmes sont très sensibles à la température ambiante et à ses variations. Si

la pièce n'est pas équipée d'air climatisé, la qualité d'impression change au cours du tirage.

Afin de palier à certains de ces problèmes, il existe des systèmes à double courant. Le fluide repasse à contre-courant après son premier passage (Figure 2.4).

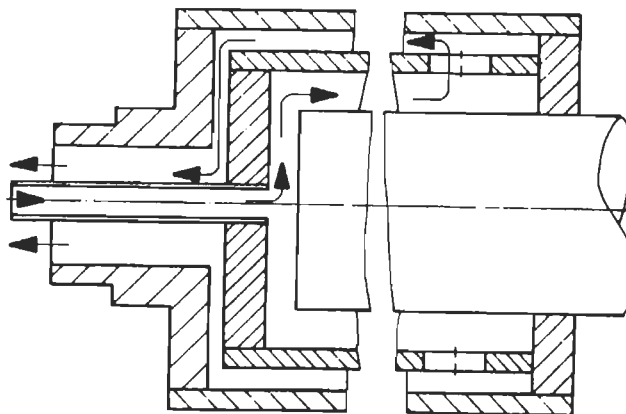


FIGURE 2.4 Système de refroidissement à contre-courant

Les avantages de refroidir les rouleaux sont multiples. Un tel système permet de maintenir un tirant d'encre constant. La viscosité est également inchangée. Par ailleurs, la consommation de solution de mouillage reste constante au cours du temps. Le démarrage de la presse est plus rapide, ce qui réduit la gâche. Enfin, les blanchets nécessitent d'être lavés moins fréquemment en raison de l'uniformité de l'évaporation et de la réduction du peluchage (10).

2.3.2 Systèmes pour presse offset sans eau

Le procédé offset sans eau utilise des plaques différentes des plaques offset. La caractéristique majeure de ce procédé par rapport au procédé offset classique est de fonctionner sans solution de mouillage. Cela entraîne un échauffement important des cylindres et l'obligation d'installer un système de refroidissement. Les encres offset sans eau sont des encres spéciales. Chaque fournisseur indique des tolérances de température

pour le bon fonctionnement de ses produits (18). Ces marges sont assez étroites.

La température peut être réglée par circulation d'eau comme à la Figure 2.5. La température est mesurée par des capteurs IR et modifiée en conséquence de la lecture (19).

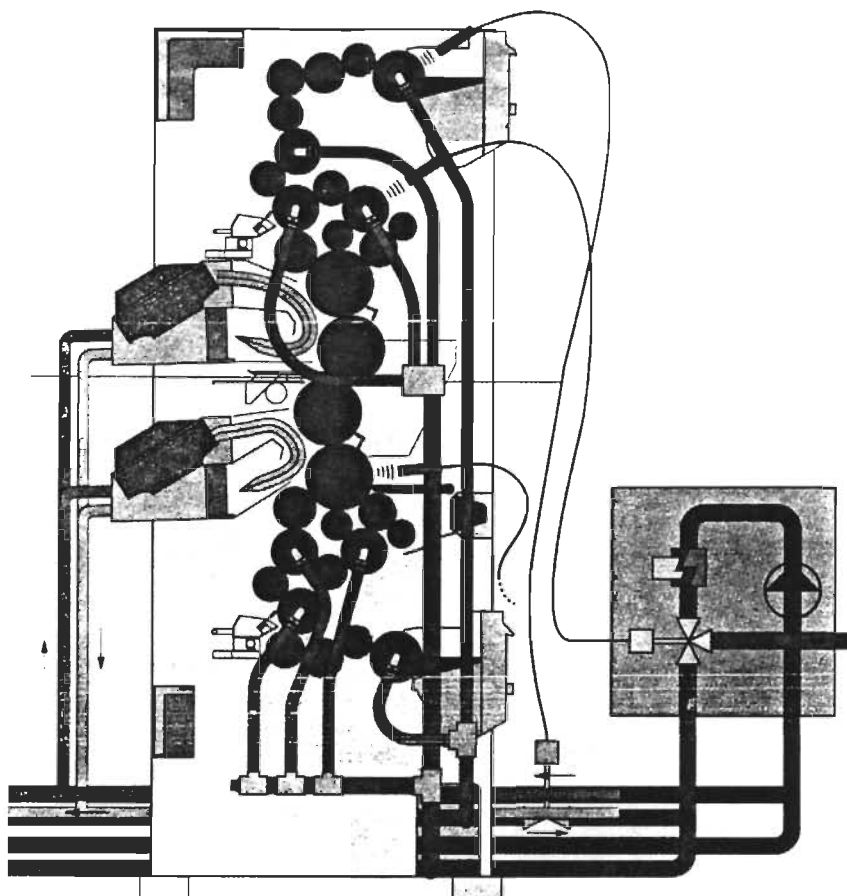


FIGURE 2.5 Refroidissement par circulation d'eau

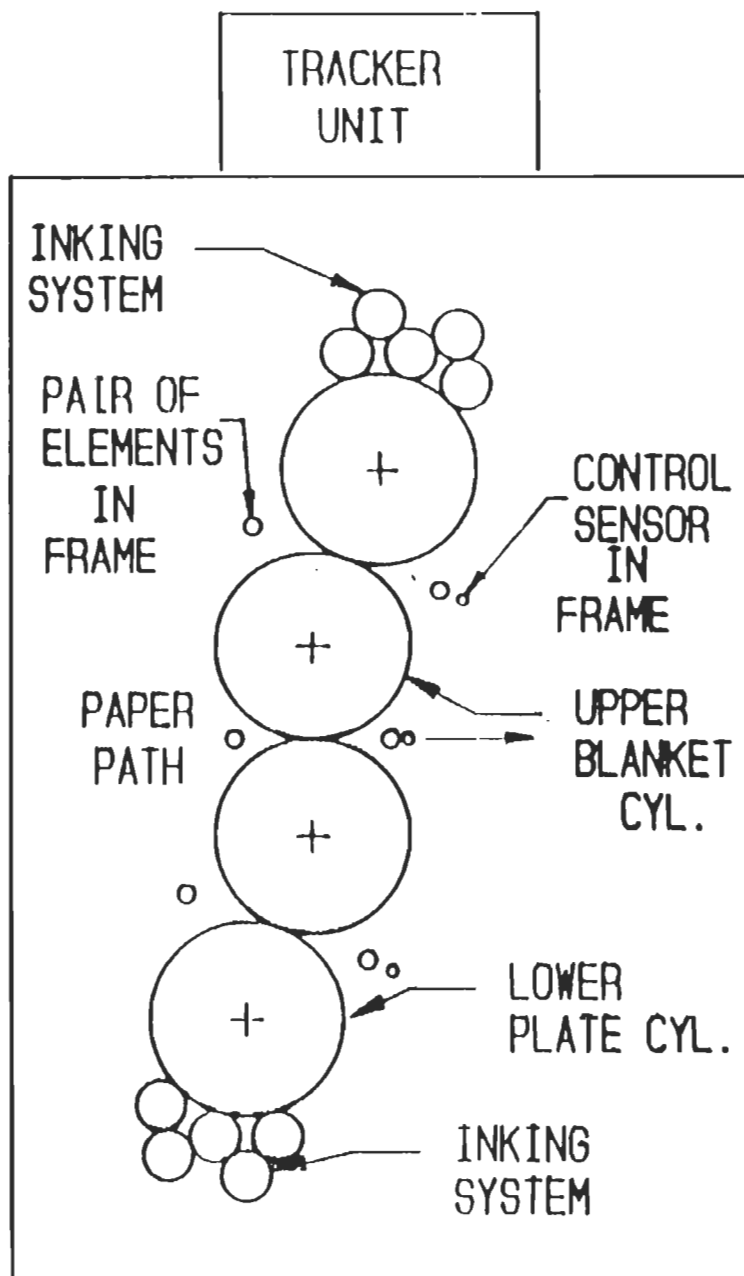
Il existe également des systèmes de refroidissement par ventilation des plaques à l'air réfrigéré. Une soufflerie projette de l'air à 10-17°C sur la plaque. Celle-ci a alors une température de 25-28°C. Le temps de réponse d'un tel système est bref. De plus, les réglages sont plus fins qu'avec recirculation de liquide. Le constructeur annonce une

économie énergétique de l'ordre de 60%.

2.3.3 Échauffement des rouleaux

Un seul système à notre connaissance utilise ce principe. Il s'agit du système Thermotrac. Il a été développé par Littleton (21). Des résistances sont placées dans le bâti de la presse (Figure 2.6). Dès le début du tirage, une température fixe est atteinte. La chaleur apportée par les résistances, en configurant la presse tout au long du tirage dans une même position, évite la création de chaleur par compression/décompression des cylindres. L'échauffement préalable permet en outre d'ajuster la presse (pression d'impression, calage du blanchet etc) dans les conditions d'opération et de s'y maintenir. Les températures mesurées sur les rouleaux sont inférieures à celles mesurées sans le système.

Il a été constaté que l'engraissement du point de trame est passé de 26-28 % sans le système à 12-16 % avec le système. De plus, il est plus stable dans le temps et suivant la laize. Une quantité plus faible de solution de mouillage est nécessaire. La mise en registre est atteinte plus rapidement au démarrage ou après un redémarrage. La gâche est diminuée. Pour un tirage de 100 000 exemplaires, elle est de l'ordre de 3.8 %. Au niveau de la maintenance, la vie des cordons, et autres supports est fortement augmentée.



IMPRESSION CONTROL THROUGH FRAME HEATING

FIGURE 2.6 **Système Thermotrac** (d'après Littleton(21))

CHAPITRE III

BILANS THERMIQUES

Sur une presse offset en marche, il y a production et consommation de chaleur. Ces quantités de chaleur varient au cours du tirage. Dans cette partie, un bilan théorique des phénomènes de transfert de chaleur est présenté. Ce bilan se base sur les travaux de Traber (23 ; 24 ; 25), Mochizuki (12) ainsi que sur les relations classiques régissant les échanges thermiques.

3.1 Production de chaleur

3.1.1 Friction de l'encre

Un liquide, compris entre deux surfaces se déplaçant à des vitesses différentes, subit une tension proportionnelle à la viscosité du fluide et à la différence de vitesse des rouleaux. Il est supposé que toute l'énergie perdue par friction est convertie en échauffement de l'encre. La quantité de chaleur Q_1 créée par unité de longueur L s'exprime alors sous la forme:

$$\frac{Q_1}{L} = \eta (T) \frac{a}{2x} (g V)^2 \quad [3.1]$$

avec η : viscosité de l'encre,
 T : température
 a : longueur de la pince d'impression,
 x : épaisseur de la couche d'encre (en μm),
 g : glissement,
 V : vitesse d'un point de la surface du rouleau.

3.1.2 Séparation de l'encre des rouleaux (tirant)

Il est nécessaire d'appliquer une force pour séparer l'encre des rouleaux. La quantité de solution de mouillage présente dans l'encre modifie le tirant. En supposant que toute l'énergie nécessaire à la séparation est convertie en chaleur :

$$\frac{Q_2}{L} = (Z_0 - f(T-21) \frac{x}{10}) n_g \frac{Z}{C} \Gamma \quad [3.2]$$

avec Z_0 : tirant de l'encre à 21°C (mesuré au Tack-O-Scope),
 $2\pi n_g$: vitesse de rotation du rouleau,
 Γ : moment angulaire sur le rouleau dû au tirant de l'encre,
 Z/C : constante, $Z/C = 0.022 \text{ Nm}$
 f : constante, $f = 4.7 \text{ K}$.

3.1.3 Oscillation des rouleaux

Les rouleaux d'une presse offset tournent autour de leur axe. De plus, certains ont un mouvement de balade. Ces mouvements produisent de la chaleur. De la même façon que pour l'équation [3.1] :

$$\frac{Q_3}{L} = \eta(T) \frac{a}{2x} (2\Gamma HP)^2 \quad [3.3]$$

avec H : amplitude du mouvement des rouleaux dans la direction axiale,
 P : fréquence du mouvement dans la direction axiale.

3.1.4 Déformation des rouleaux

Les rouleaux de presse offset sont sous pression. Les cycles de compression-décompression génèrent une quantité de chaleur dépendant de la dureté des rouleaux. Les simulations montrent que ce facteur est très important jusqu'à l'atteinte de l'équilibre.

$$\frac{Q_4}{L} = 10^6 \frac{SH}{100 - SH} \tan(\delta) \frac{V a^4}{\pi d D_a} \quad [3.4]$$

avec SH : degré de dureté Shore,
 D_a : diamètre du rouleau couvert de caoutchouc,
 d : épaisseur de la couche de caoutchouc,
 δ : angle de la déformation entre 10° et 20° ,
 V : vitesse linéaire du rouleau.

3.2 Consommation de chaleur

3.2.1 Échauffement et évaporation de la solution de mouillage

L'échauffement et l'évaporation de liquide sont des phénomènes connus.
 L'échauffement au niveau des cordons est négligé par rapport aux autres facteurs.

Échauffement par convection : $Q_5 = m_1 C_s (T_2 - T_1)$ [3. 5]

avec m_1 : masse de la solution de mouillage réchauffée par heure,
 C_s : chaleur massique de la solution de mouillage,
 T_1 : température avant échauffement,
 T_2 : température après échauffement.

Évaporation $Q_6 = m_2 C_s$ [3. 6]

avec m_2 : masse de solution de mouillage évaporée par heure.

3.2.2 Convection

Les flots d'air proches des rouleaux contribuent au refroidissement. Celui-ci dépend du degré de turbulence de l'air.

$$\frac{Q_7}{L} = \alpha_R S_\alpha (T - T_0) \quad [3. 7]$$

avec α_R : coefficient de transmission surface-air,

- S_a : partie de la surface accessible à l'air,
 T_o : température ambiante,
 T : température des rouleaux.

3.2.3 Échauffement de l'encre

L'encre est considérée comme un fluide. De la même façon que pour la solution de mouillage (équation [3.5]), la quantité de chaleur s'écrit sous la forme :

$$\frac{Q_8}{L} = m_I C_I (T' - T_o) \quad [3.8]$$

- avec m_I : masse d'encre réchauffée par heure,
 C_I : chaleur massique de la solution de mouillage,
 T' : température de l'encre.

3.2.5 Rayonnement

Le réchauffement par rayonnement s'exprime sous la forme :

$$\frac{Q_9}{L} = \alpha_R S_a (T^4 - T_o^4) \quad [3.9]$$

- avec α_R : coefficient de transmission de chaleur par rayonnement,
 S_a : surface à l'air.

3.2.5 Échauffement du liquide de refroidissement

Sur certaines presses un liquide de refroidissement circule à l'intérieur des rouleaux pour entraîner une partie de la chaleur en dehors du groupe imprimant :

$$\frac{Q_{10}}{L} = m_3 C_L (T_{out} - T_{in}) \quad [3.10]$$

- avec C_L : chaleur massique du liquide de refroidissement,
 m_3 : quantité de liquide de refroidissement par heure.
 T_{in} : température d'entrée du liquide

T_{out} : température de sortie du liquide

3.3 Ordres de grandeur

Traber (23; 24) donne des valeurs numériques pour les caractéristiques de la presse. En plaçant ces valeurs dans les équations, les quantités de chaleur peuvent être estimées.

TABLEAU 3.1 Production de chaleur - Valeurs numériques

Séparation de l'encre des rouleaux	Q_2	137 W/m
Friction de l'encre	Q_1	34 W/m
Déformation des rouleaux	Q_4	18 W/m
Oscillation des rouleaux	Q_3	7 W/m

TABLEAU 3.2 Consommation de chaleur - Valeurs numériques

Évaporation de la solution de mouillage	Q_6	2275 W/m
Convection	Q_7	280 W/m
Rayonnement	Q_9	202 W/m
Échauffement de la solution de mouillage	Q_5	100 W/m
Échauffement de l'encre	Q_8	19 W/m
(Échauffement du liquide de refroidissement	Q_{10}	456 W/m)

La production de chaleur est donc principalement dûe aux propriétés rhéologiques de l'encre. La consommation de chaleur s'effectue surtout par évaporation de la solution de mouillage.

CHAPITRE IV

MÉTHODE D'IMPRESSION OFFSET EN LABORATOIRE

Afin de contrôler les facteurs influençant l'impression en offset, une méthode de laboratoire a été développée.

4.1 Matériel utilisé

Cette méthode a été développée sur une presse de laboratoire Prüfbau (Figure 4.1). Cette presse est composée d'un système de rouleaux distributeurs d'encre et d'un rail sur lequel passe un chariot (Figure 4.3).

Le Prüfbau Multipurpose Printability Tester (système Dr. Dürner) imprime des échantillons de papier en une ou deux couleurs.

La procédure classique d'utilisation de cette presse ne permet d'imprimer que des aplats (100% de couverture) comme sur la Figure 4.2. Une molette est encrée sur les rouleaux distributeurs. Puis, elle est placée sur la première unité de la partie supérieure de la presse. Par ailleurs, le chariot portant le papier passe tout d'abord sous le système de mouillage puis sous la molette encrée qui transfère l'encre au papier.

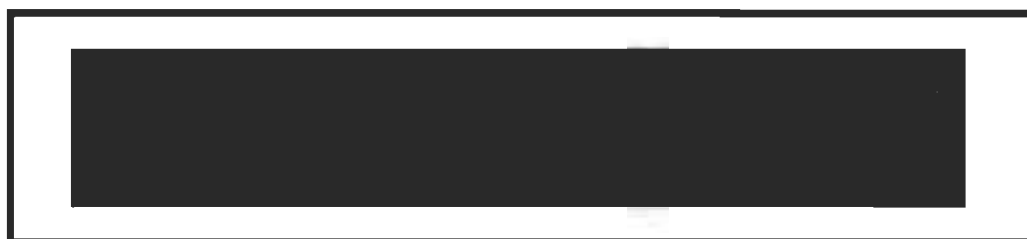


FIGURE 4.2 Imprimé Prüfbau

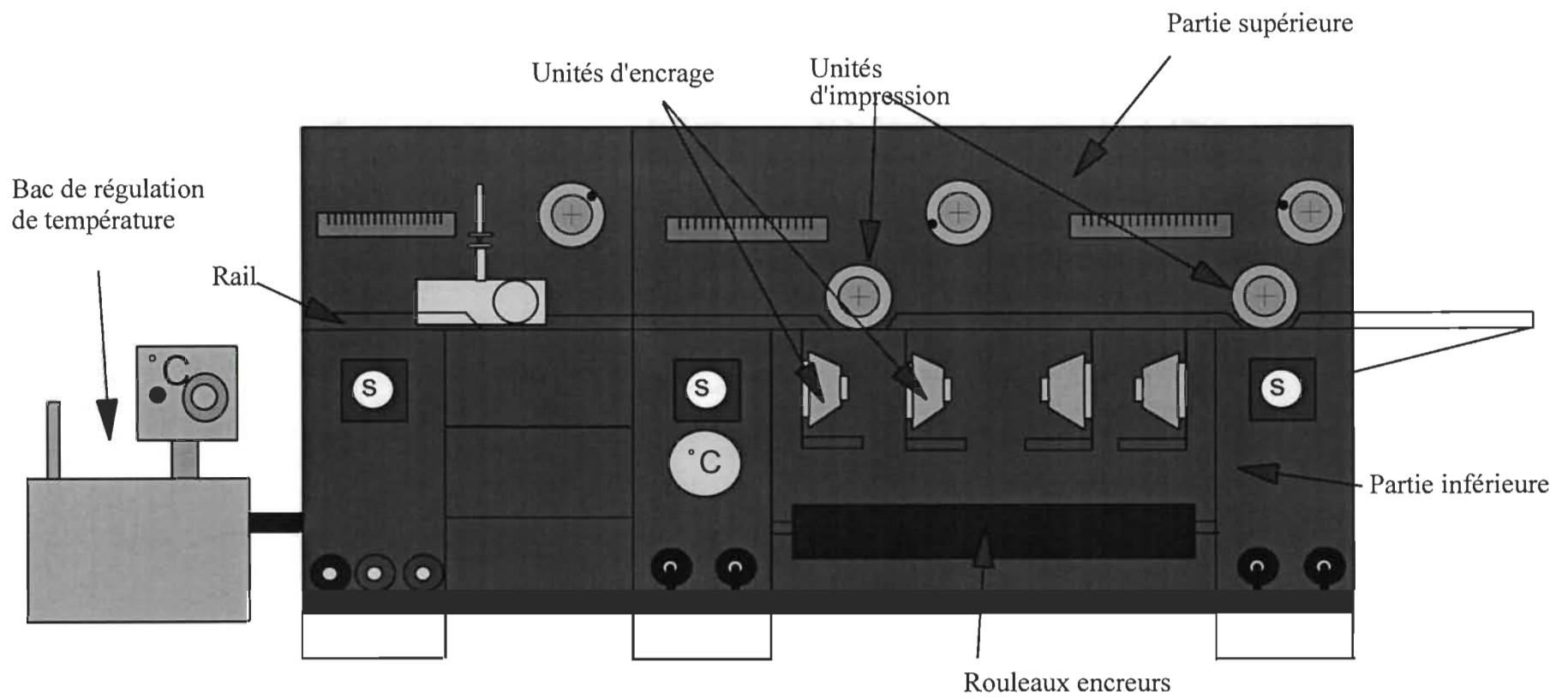


FIGURE 4.1 **Presse de laboratoire Prüfbau**

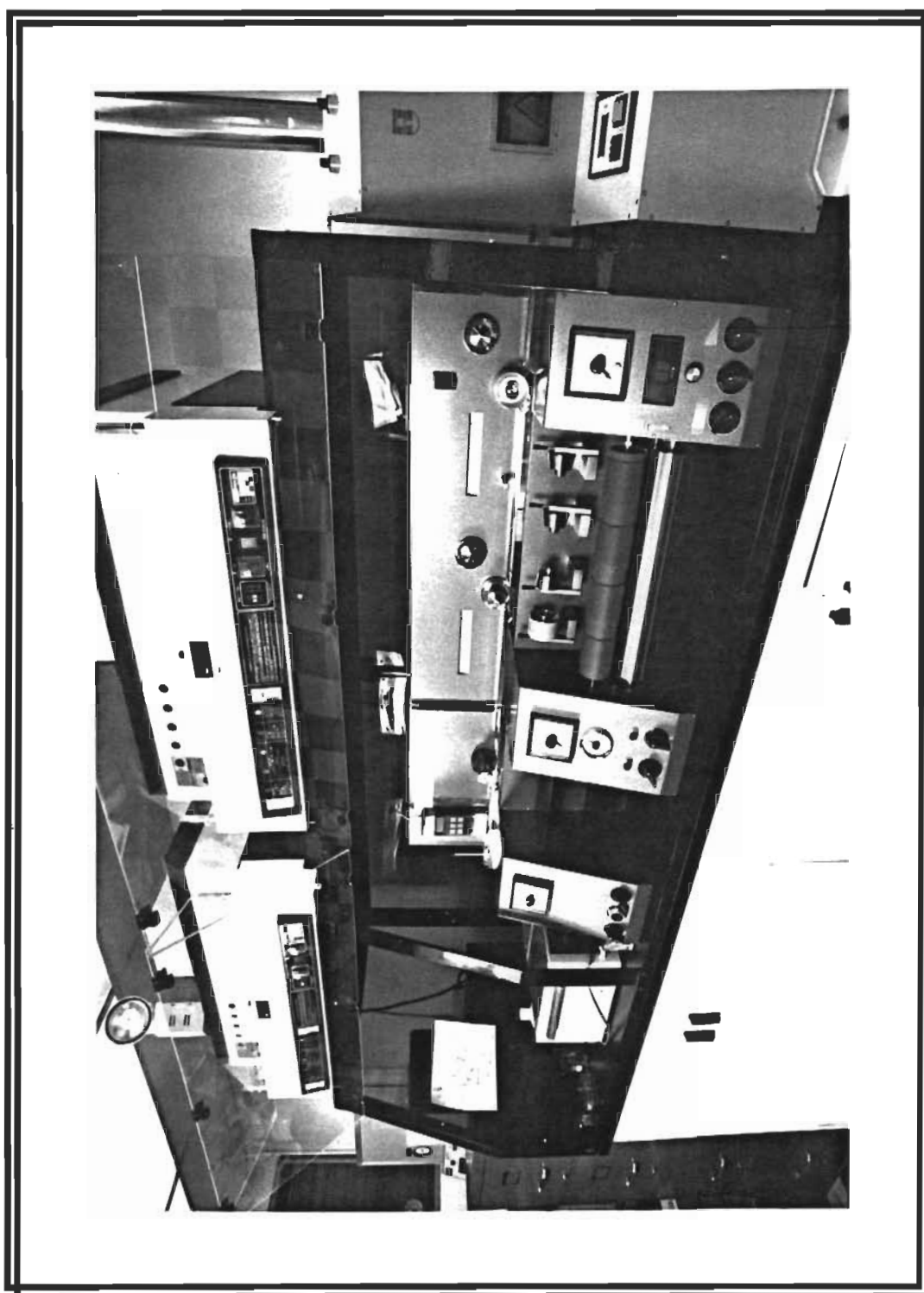


FIGURE 4.3 Multipurpose printability tester Prüfbau et système de régulation de température

La presse Prüfbau dispose d'un système de régulation de la température par circulation d'eau à travers les rouleaux. Ce dispositif a déterminé le choix du type de presse d'impression pour notre étude.

Afin d'imprimer des tramés, des molettes porte-plaque ont été fabriquées (Figures 4.4, 4.5, 4.6).

Ces molettes ont la taille des molettes encreuses originales de la Prüfbau : 20 cm de circonférence, 4 cm de largeur. La plaque offset est fixée à la molette par des vis placées dans une gorge. Ce système permet de changer la plaque aisément et permet également une rotation sans vibration ("true-rolling"). Lors des premiers essais, la plaque avait été collée sur la molette. Pendant le lavage de la plaque au solvant, celle-ci se décollait. Le système avec les vis a alors été mis en place.

La plaque utilisée est une partie de plaque offset négative Hoechst Ozasol d'une épaisseur de 126 μ m destinée à l'impression commerciale. La forme test (Figure 4.7) est constituée de différents tramés. Cette forme a été générée grâce au logiciel Quark XPress sur Macintosh. Un film négatif a été tiré. Il a permis l'insolation de la plaque. La forme a été créée à trois linéatures, 100, 133 et 150 lignes/pouces (39, 52 et 59 lignes/centimètres respectivement).

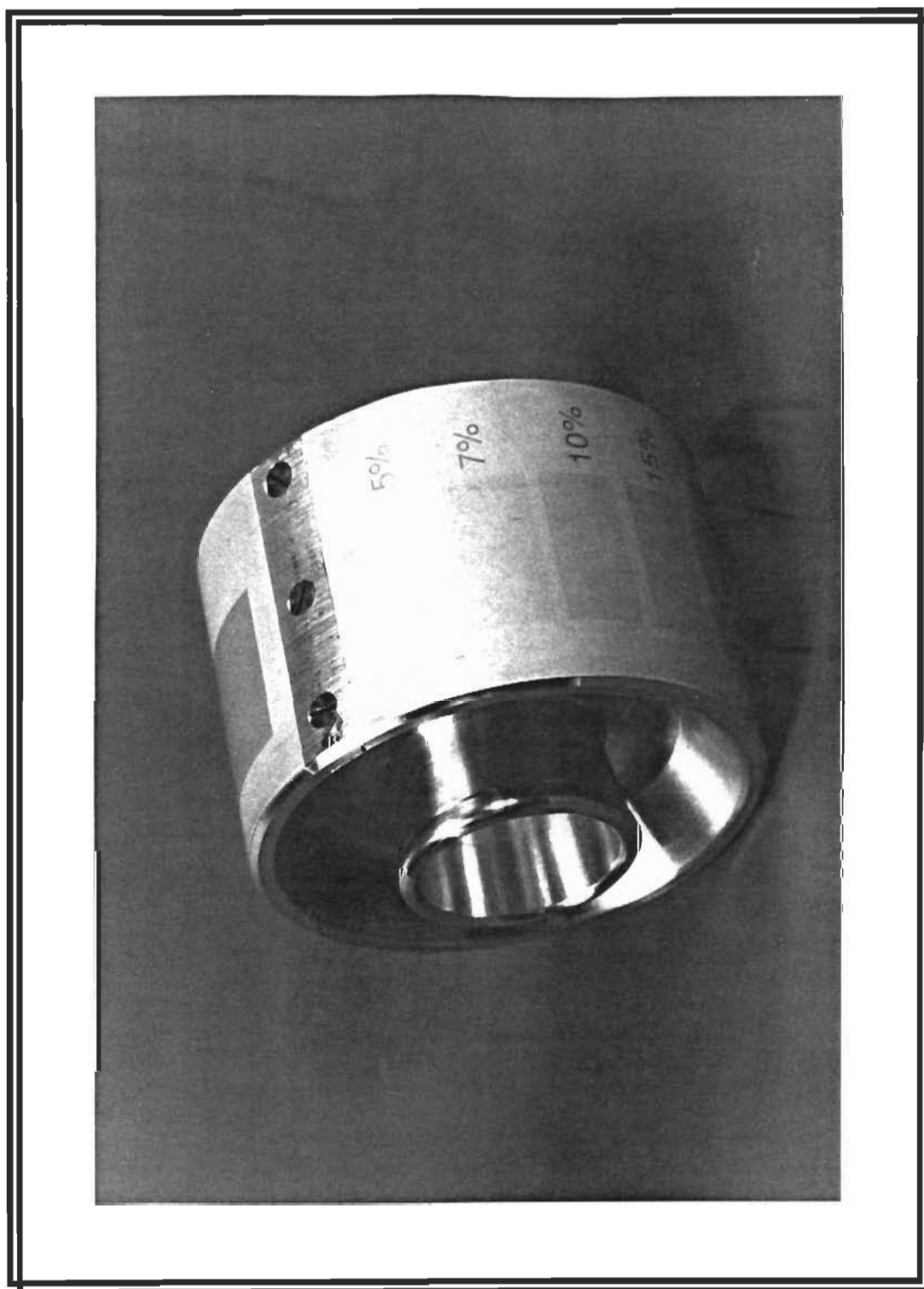


FIGURE 4.4 Molette porte-plaque et plaque

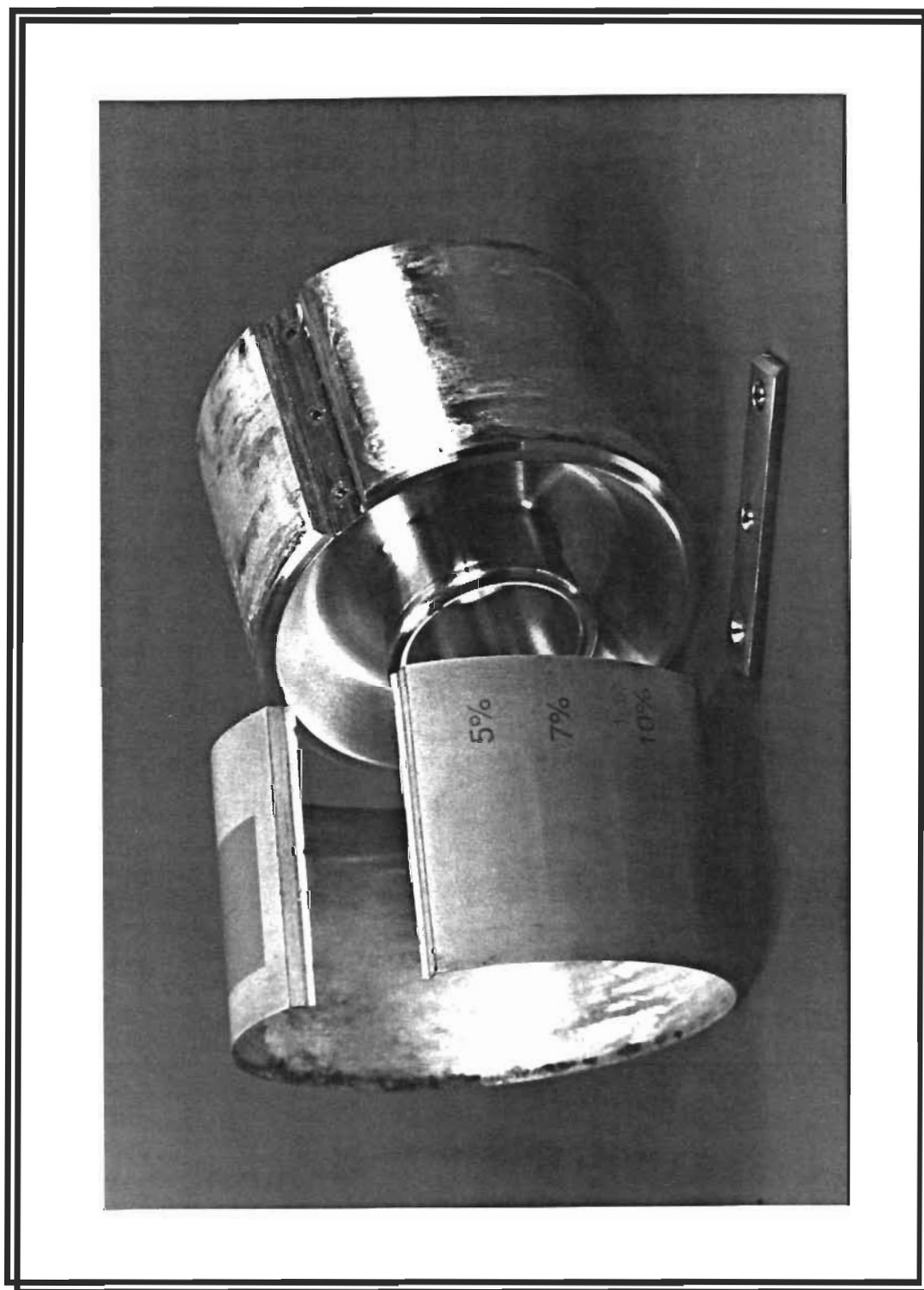


FIGURE 4.5 Molette porte-plaque démontée

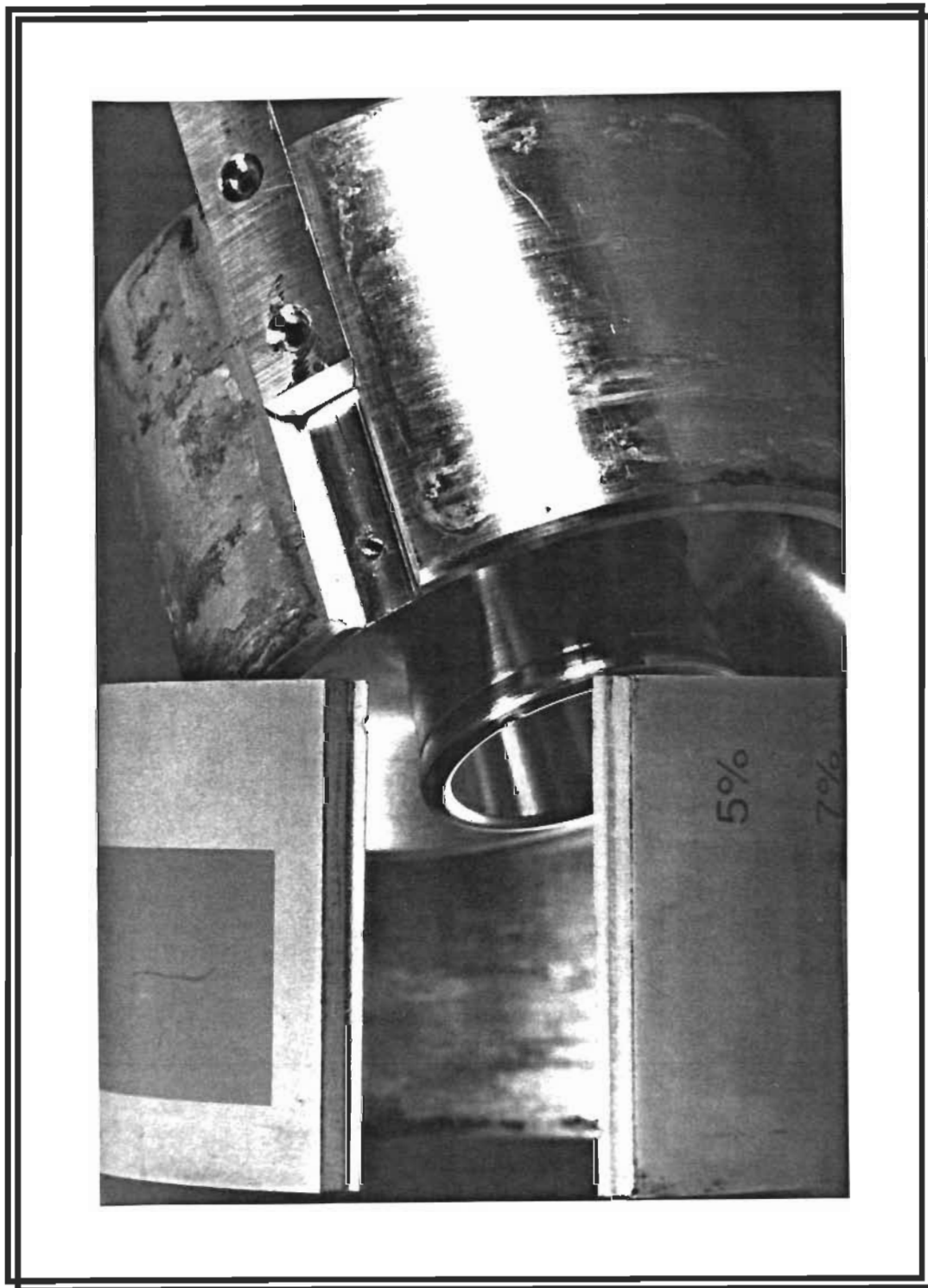


FIGURE 4.6 Système de maintien de la plaque

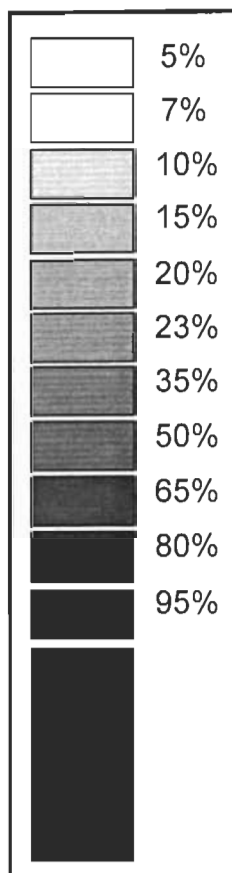


FIGURE 4.7 **Forme test**

L'encre et le blanchet sont des paramètres qui ont été maintenus constants lors de nos expériences. Ils peuvent facilement être modifiés. L'encre utilisée est une encre heatset offset noire d'Hostman Steinberg. Le choix de la couleur est justifié par la mesure à l'analyseur d'images. Il est plus facile de mesurer une encre noire que d'autres couleurs. Le blanchet est de type compressible.

4.2 Méthode développée

4.2.1 : Distribution de l'encre

La plaque, fixée sur sa molette, est placée sur l'une des quatre unités d'encrage de la partie inférieure. Les rouleaux sont en rotation. Une certaine quantité d'encre, mesurée grâce à une pipette IGT, est déposée sur une autre de ces quatre unités (Figure 4.8). L'encre est distribuée pendant un temps fixe afin que l'évaporation du solvant de l'encre soit toujours identique.

4.2.2 Mouillage de la plaque

La solution de mouillage est mesurée à l'aide d'une microseringue. La plaque est mise en contact avec les rouleaux et la solution de mouillage déposée sur la plaque (Figure 4.9). La rotation des rouleaux permet la répartition uniforme de l'eau.

4.2.3 Encrage de la plaque

Puis la molette est déplacée sur l'unité où se trouve l'encre, et mise en contact avec les rouleaux encreurs (Figure 4.10). Après avoir été encrée, la molette est déplacée sur la première unité d'impression de la partie supérieure. Le papier a été découpé préalablement en une bande de 20cm*4cm et fixé autour d'une molette grâce à un ruban adhésif. La molette porte-papier a été placée sur la deuxième unité d'impression de la partie supérieure.

4.2.4 Transfert de l'encre de la plaque au blanchet et du blanchet au papier

Le blanchet, fixé à plat au chariot, est entraîné sur le rail (figure 4.11). Il passe sous la molette plaque encrée où il prend l'encre puis sous la molette porte-papier où il dépose l'encre (Figure 4.12). L'imprimé est détaché de sa molette pour être fixé sur un chariot et être passé dans le sécheur infrarouge.

La plaque et le blanchet sont nettoyés pour l'impression suivante. L'unité, ayant servi à la répartition de la solution de mouillage, est essuyée. Chaque unité d'impression n'est utilisée qu'une fois. En effet l'encre utilisée étant une encre heatset, son solvant s'évapore très rapidement et sa composition est alors modifiée.

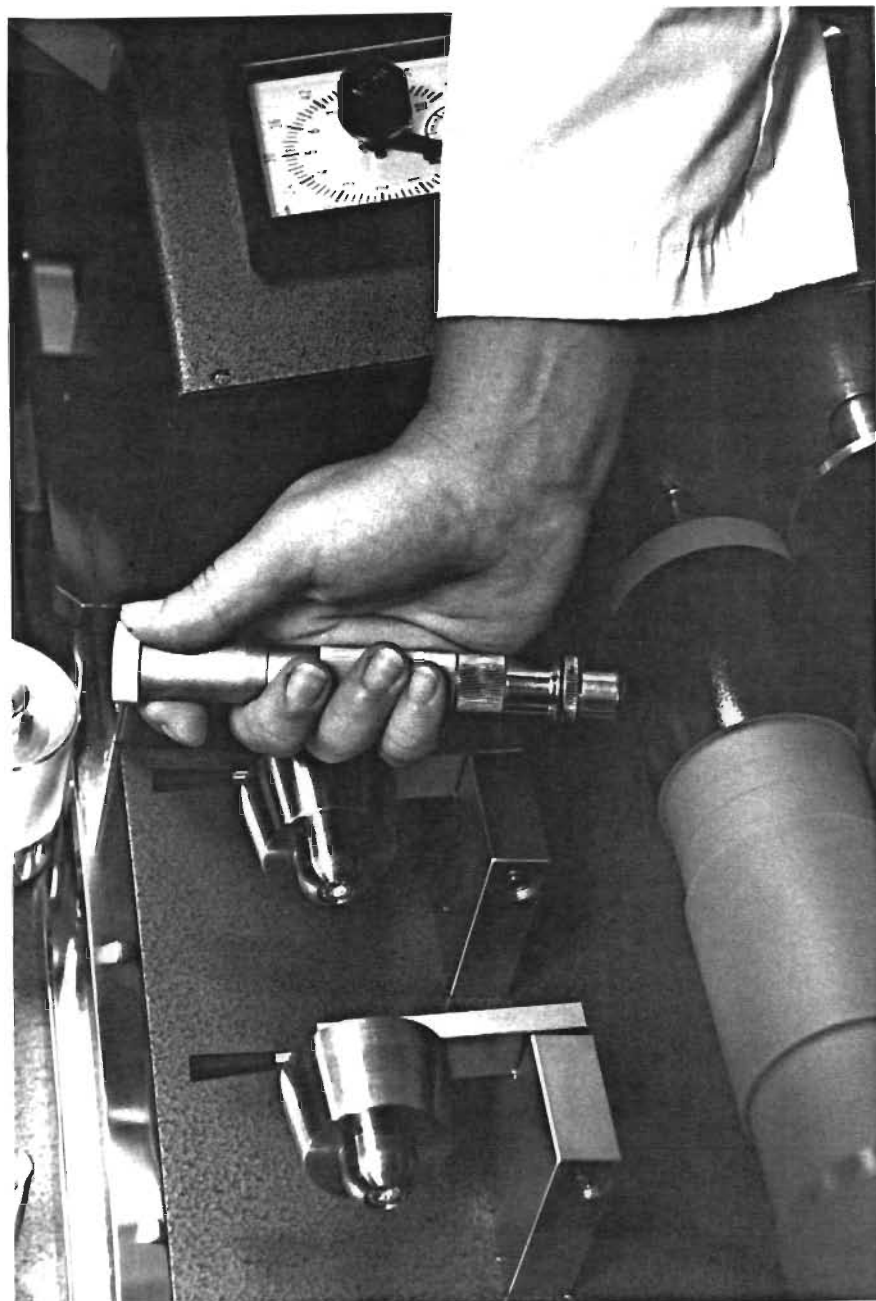


FIGURE 4.8 Encrage d'une unité de la batterie d'encrage

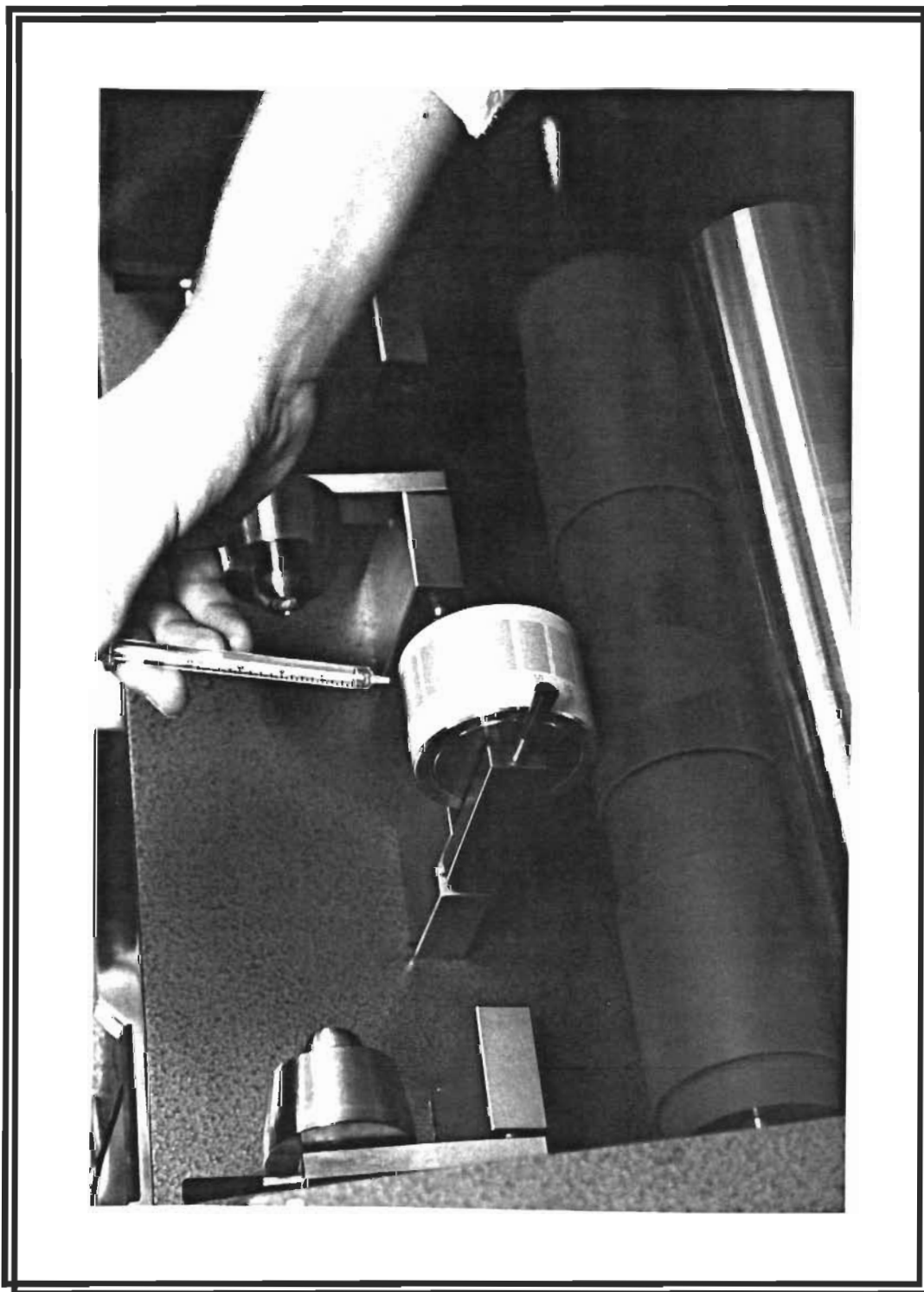


FIGURE 4.9 Mouillage de la plaque.

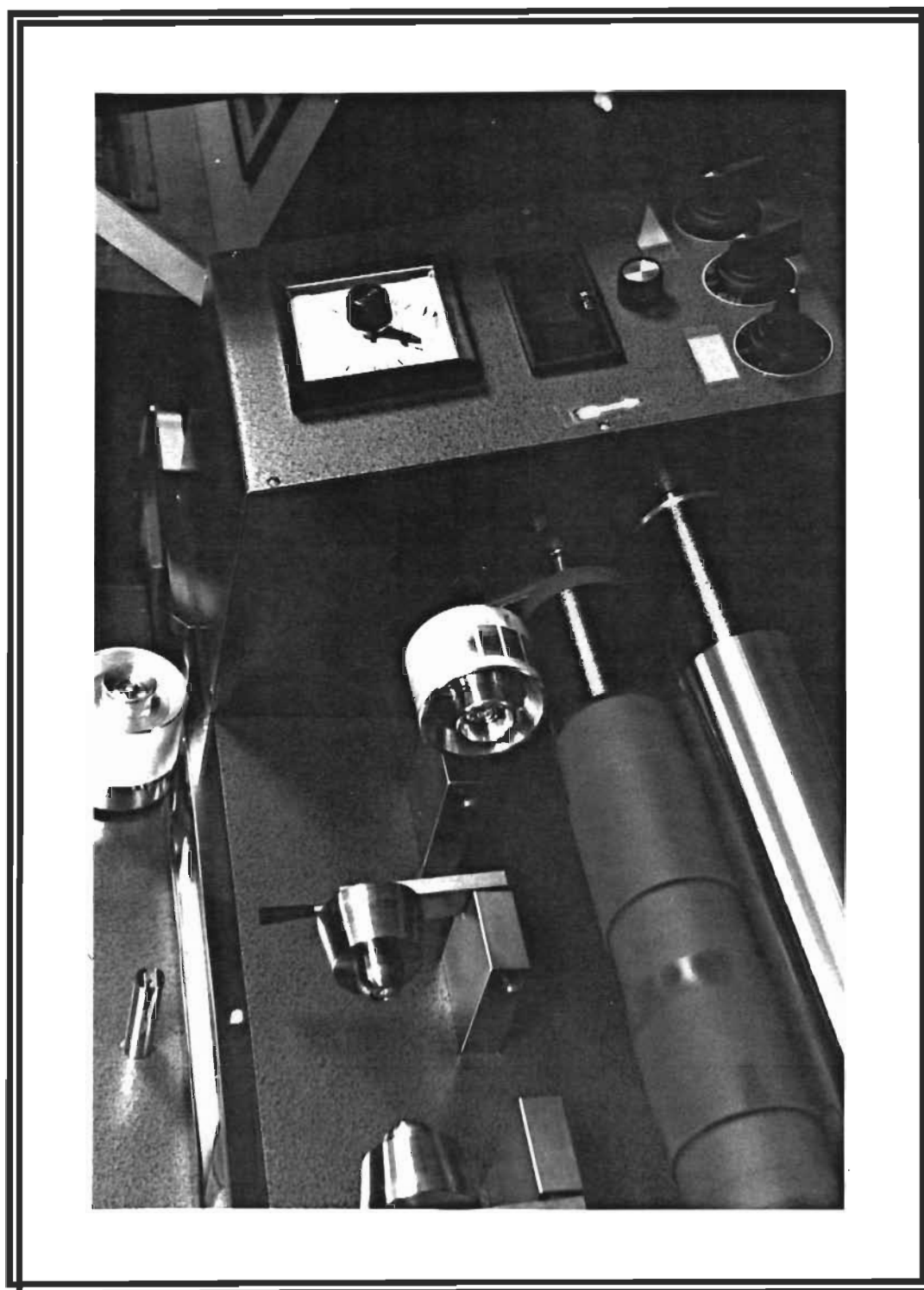


FIGURE 4.10 Encrage de la plaque

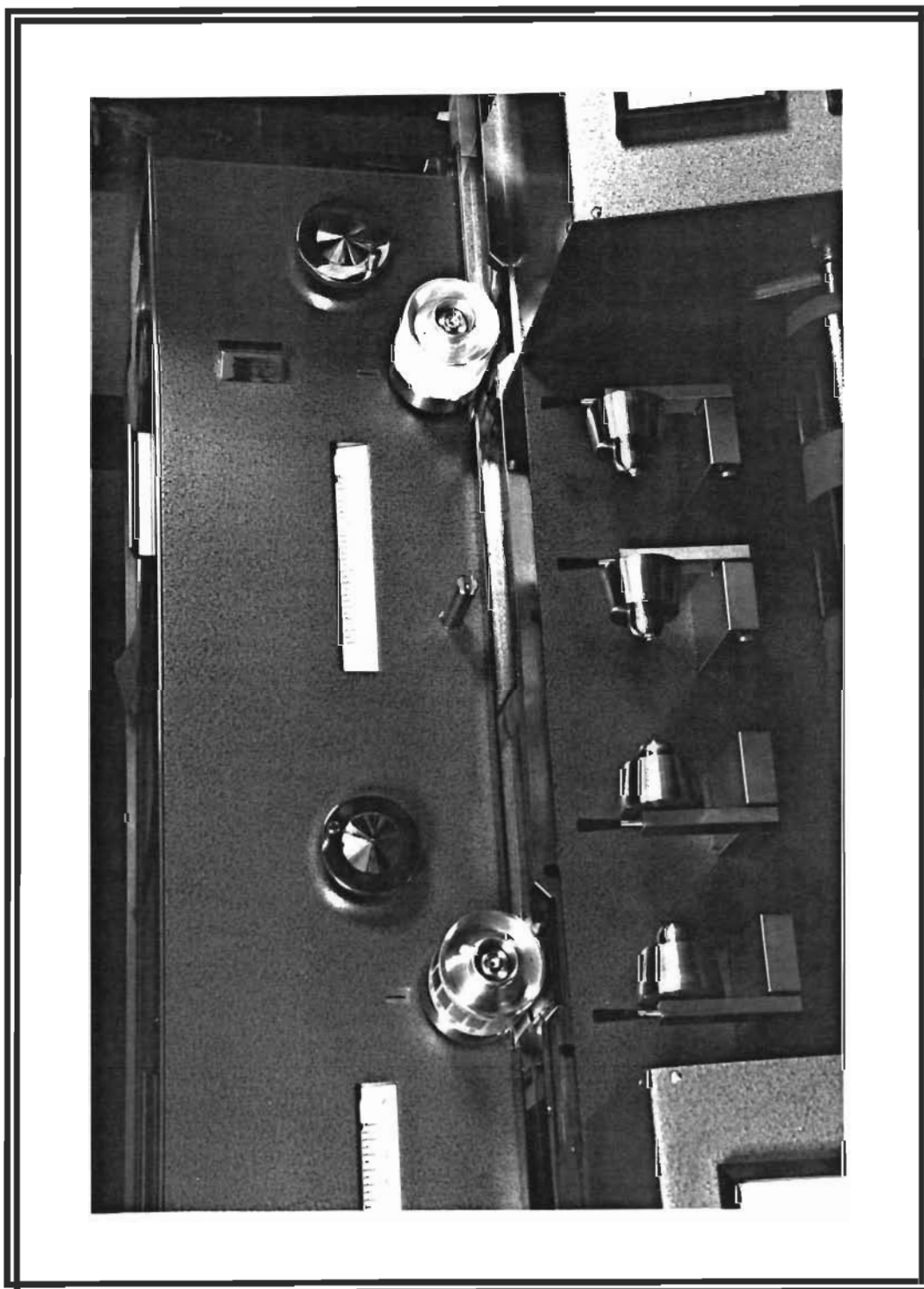


FIGURE 4.11 Positionnement de la plaque sur la première unité de la partie supérieure

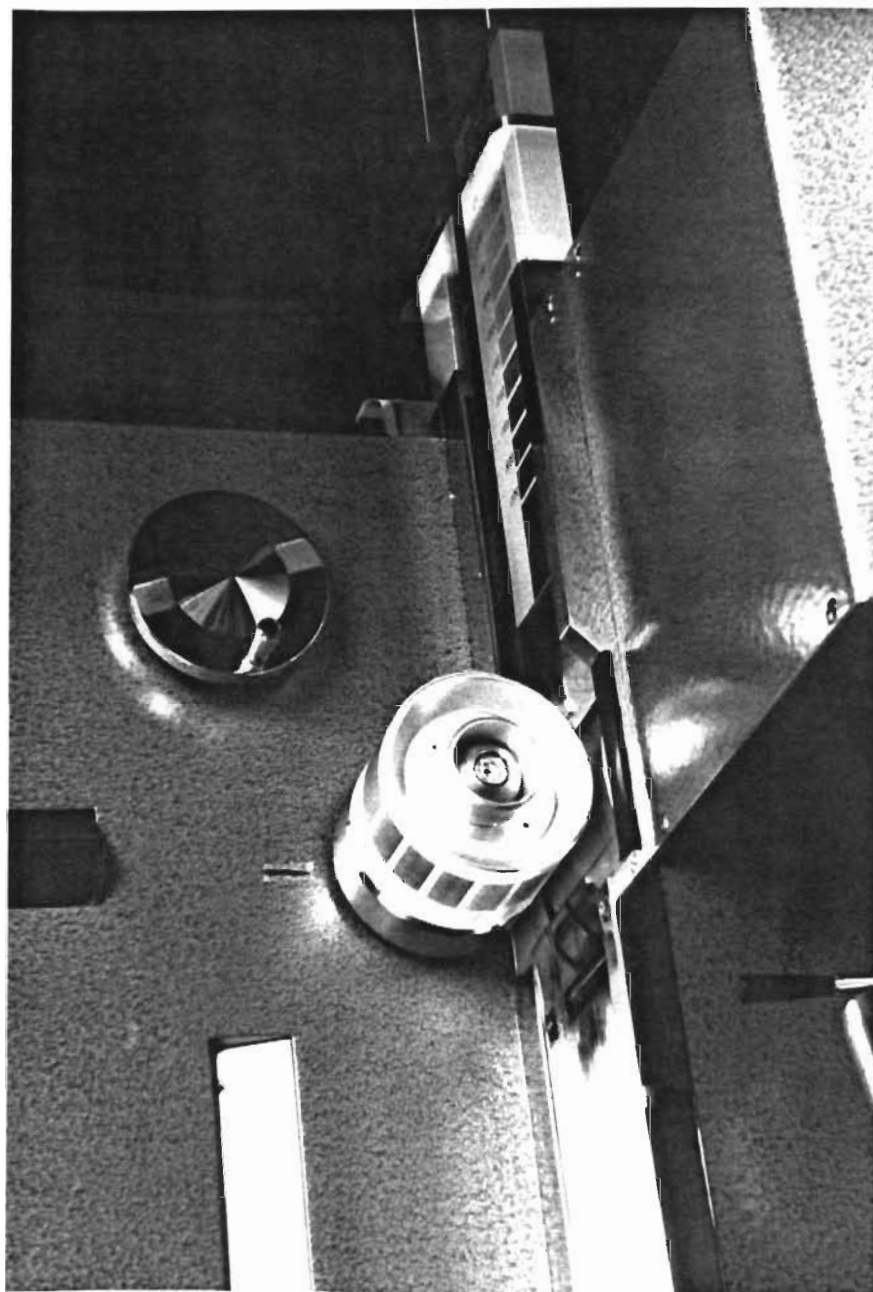


FIGURE 4.12 Transfert de l'encre du blanchet au papier

4.2.5 Réglages et récapitulatif

De nombreux essais ont été effectués en modifiant les durées de chaque opération et les quantités d'encre et de solution de mouillage. Les réglages donnant le "meilleur" imprimé sont conservées et utilisées pour l'étude de la température.

Les temps et les quantités nécessaires à chaque étape sont indiqués dans le tableau 4.1 ci-dessous.

TABLEAU 4.1 Réglages d'opération

	Temps	Quantité
1. Distribution de l'encre	30 s	0.5 ml
2. Mouillage de la plaque	5 s	0..5 ml
3. Encrage de la plaque	3 s	

Le diagramme suivant (Figure 4.13) récapitule les différentes étapes et leur succession.

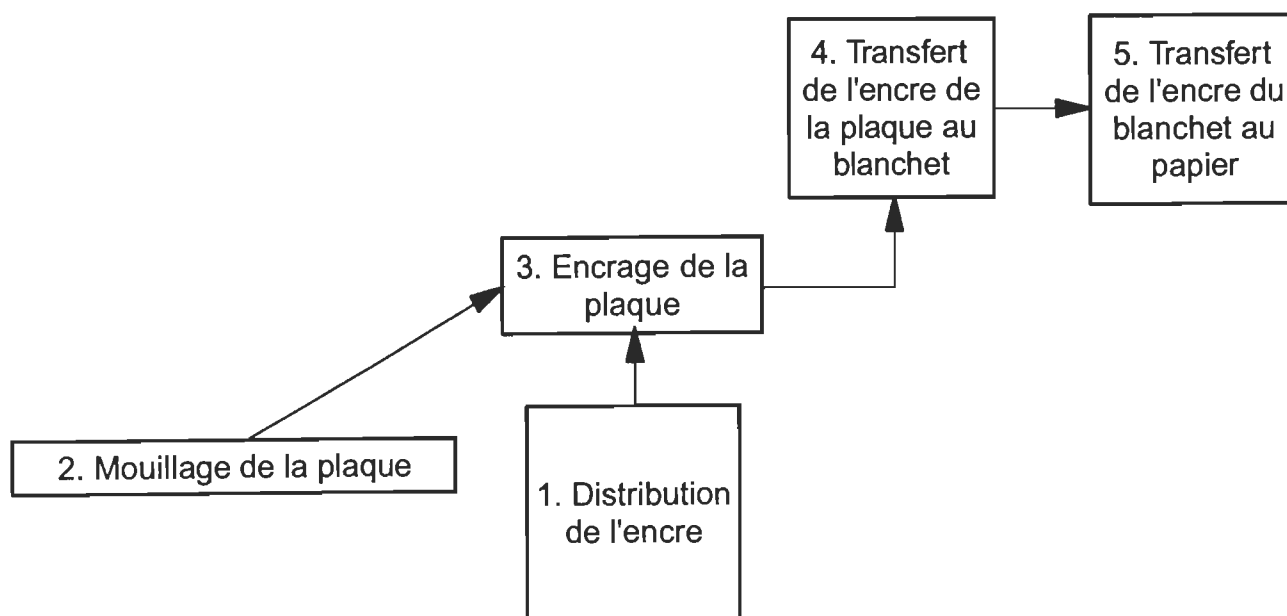


FIGURE 4.13 Diagramme des opérations

Cette méthode a été développée pour notre étude, mais elle peut être appliquée à l'étude d'autres phénomènes se produisant au cours de l'impression offset.

L'avantage principal de cette méthode d'impression offset est qu'elle se rapproche davantage de l'offset commercial que les méthodes de laboratoire précédemment existantes. Les étapes se succèdent dans l'ordre de l'offset. L'encre est transférée à une plaque puis à un blanchet et enfin au papier. De plus, des tramés sont imprimables.

Les conditions d'opérations, comme la vitesse, la pression, le matériel sont semblables à celles de l'offset commercial. Elles sont, en outre, contrôlées et reproductibles.

Les coûts sont bien moindres que pour un essai commercial.

Cette méthode peut être adaptée à d'autres presses de laboratoire comportant des molettes, comme les presses IGT par exemple...

CHAPITRE V

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ D'IMPRESSION PAR ANALYSE D'IMAGES

L'ensemble œil/cerveau réalise constamment des analyses d'images. Il est capable de reconnaître très rapidement des objets et de les classer beaucoup mieux que n'importe quelle machine. Par contre, il éprouve des difficultés à quantifier ce qu'il voit. L'analyse d'images quantifie des paramètres sur les objets d'une image comme la taille, le nombre, la forme, la position...

Au cours de notre étude, un certain nombre de procédures en langage C ont été écrites (voir Annexe V). Elles permettent d'appliquer les fonctions générales d'analyse d'images à l'utilisation spécifique de la mesure des points imprimés.

5.1 Matériel

L'analyseur d'images utilisé (Figure 5.1) comporte un système d'acquisition composé d'un microscope Leica Wild M420 et d'une caméra Noir et Blanc CCD Hitachi KP-M1U. Les échantillons imprimés sont éclairés par une fibre optique circulaire. Les images acquises sont ensuite traitées sur ordinateur PC, grâce au logiciel Visilog 4.1.3 de Noesis.

Les acquisitions de cette étude ont été effectuées au grossissement 40 (taille des images : 1.76mm x 1.65mm, résolution : 145 pixels/mm).

Les images obtenues sont des images noir et blanc de 256 x 240 pixels. Elles comportent 256 niveaux de gris, 0 correspondant au noir et 255 au blanc.

La Figure 5.2 montre un schéma du système d'acquisition des images.

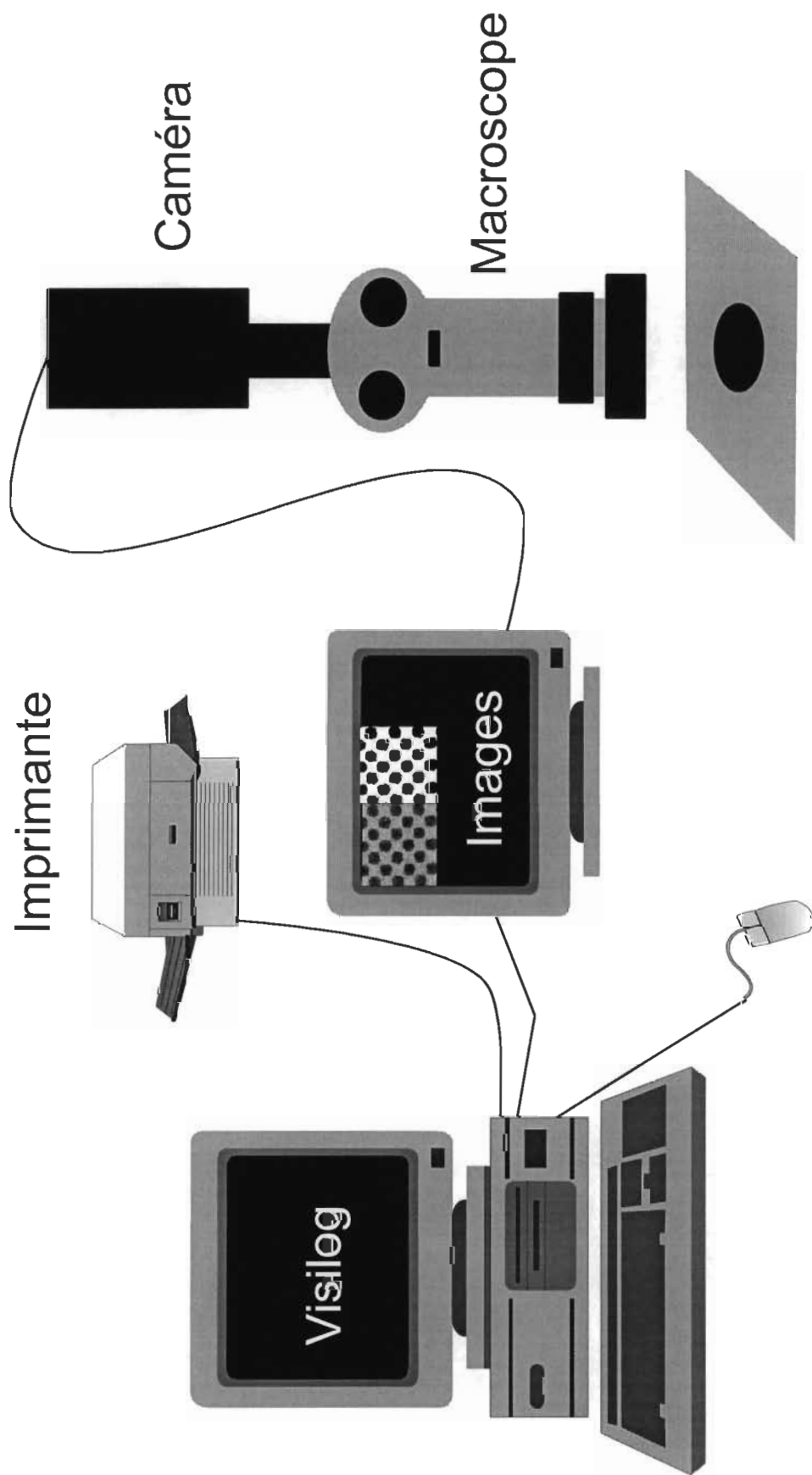


FIGURE 5.1 Analyseur d'images

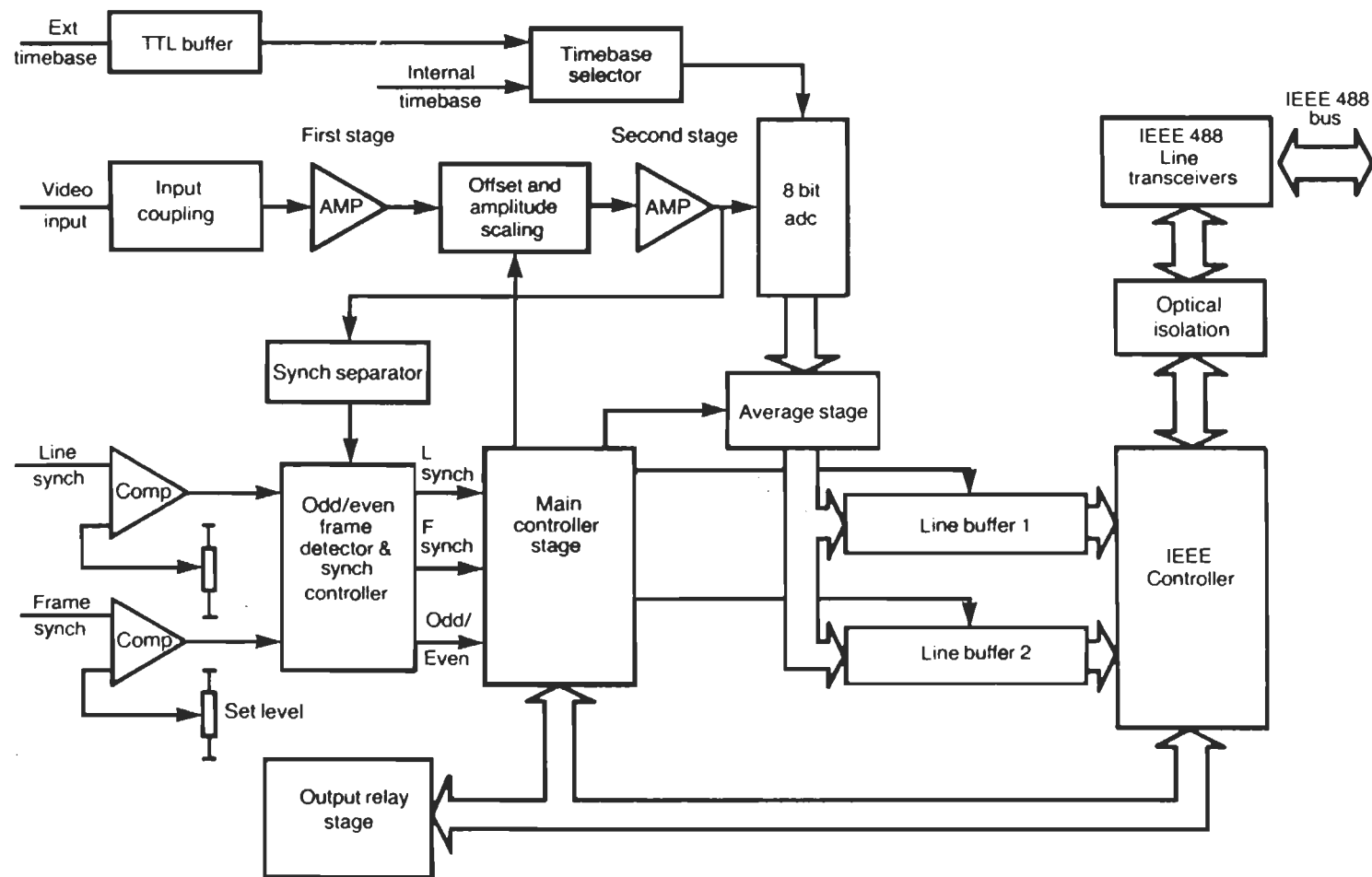


FIGURE 5.2 Système d'acquisition des images

d'après Joyce-Loebl (59)

5.2.1 Acquisition-Calibration

D'une bonne acquisition des images dépend la validité des résultats obtenus, surtout si les phénomènes mesurés ont des résultats proches.

Calibration en intensité

L'acquisition d'une image est contrôlée par un certain nombre de facteurs caractéristiques du système utilisé. Ces facteurs doivent être mesurés et contrôlés afin d'assurer la reproductibilité des résultats. Pour ce faire, une calibration quotidienne des appareils est nécessaire. Cette calibration est effectuée à l'aide d'une plaque photographique comportant un blanc et un noir de référence. Une image comportant du blanc et du noir est acquise et ses intensités respectives mesurées 20 fois. Les valeurs obtenues sont comparées aux valeurs références. Les paramètres sont modifiés en conséquence jusqu'à atteindre les valeurs références.

Les facteurs modifiant l'acquisition des images sur le système utilisé sont :
au niveau de la lumière:

- "Low" ou "High Intensity"
- réglage entre 1 et 5, "Dark-Bright"

au niveau du microscope:

- mise au point (distance entre l'échantillon et le système optique)
- ouverture du diaphragme
- zoom

au niveau de la caméra:

- gain
- "white balance"
- "backlight compensation"
- "chromagain - hue"

au niveau du logiciel d'analyse d'images Visilog:

- gain 0-255
- offset 0-255

Un dernier facteur modifiant l'acquisition des images est le temps.

Le gain et l'offset sont les paramètres retenus pour la calibration.

Si T est le signal original et I le signal enregistré, une relation de la forme

$$I = g T + f \quad [5.1]$$

existe, avec g : gain

f : offset

Cette relation est représentée à la Figure 5.4.

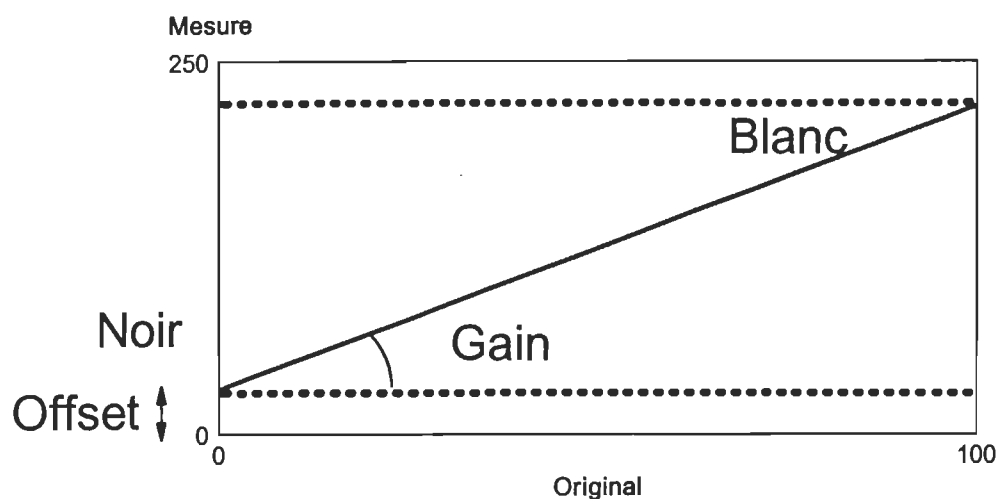


FIGURE 5.4 Signification du gain et de l'offset

Les valeurs de gain et d'offset sont modifiables sur le système. Elles sont déterminées en choisissant deux points sur la courbe. Ces points sont, en général, un noir et un blanc référence. Ainsi les points de mesure sont bien espacés sur la courbe. À chaque calibration, les échantillons références sont mesurés plusieurs fois et comparés à des valeurs fixes.

Les premières observations de l'évolution des mesures en fonction du temps ont montré qu'il fallait que la caméra soit réchauffée pendant deux heures avant utilisation. Après l'allumage l'intensité mesurée décroît régulièrement pendant plus de 75min avant de se stabiliser.

Par ailleurs, l'ajout d'un stabilisateur de courant a permis de diminuer les

variations dans la mesure. (Figure 5.5)

Néanmoins, il subsiste encore un phénomène périodique de période 27s environ, qui crée un léger pic d'intensité. Cette constatation nous a amené à choisir, pour la calibration, des séries de 20 mesures espacées de 1,5 s (soit une durée d'environ 30 s).

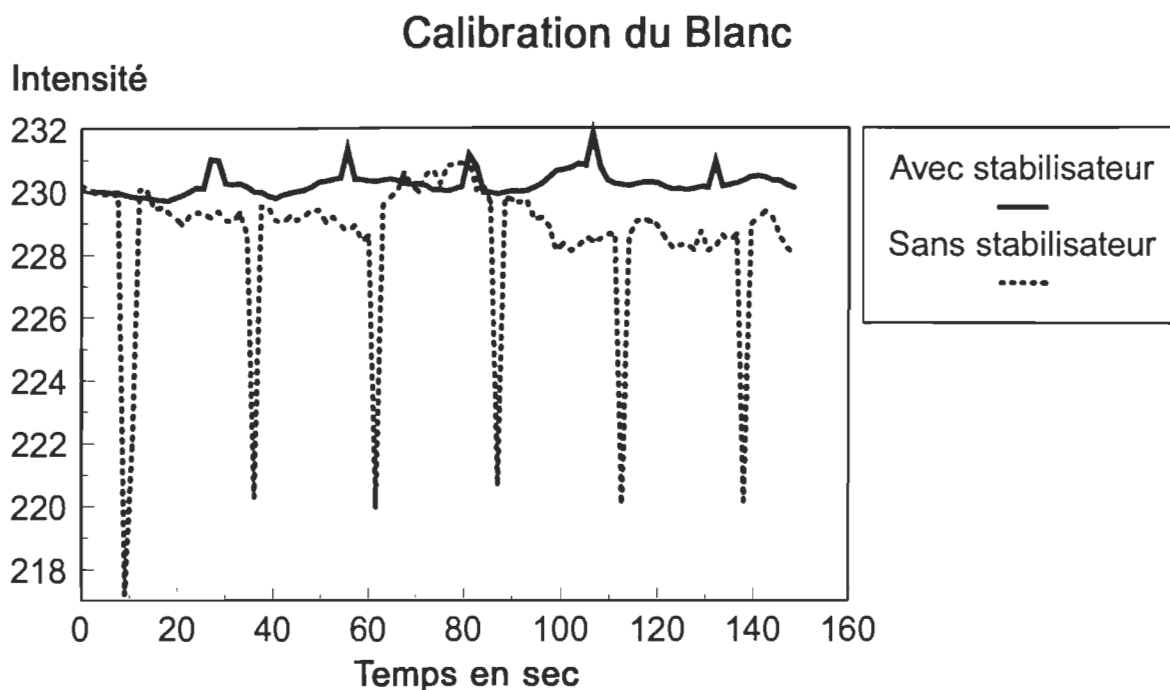


FIGURE 5.5 Evolution de l'intensité en fonction du temps, avec et sans stabilisateur de courant.

Calibration en longueur

La taille des images (Figure 5.6) acquises ainsi que le grossissement dépend de divers éléments de l'installation. Pour l'analyseur d'images utilisé, les calculs ci-dessous permettent de calibrer les images en longueur.

Macroscopie

*** Grossissement**

- Dans le tube oculaire : G

$$G = \frac{1}{10} (\text{Position du zoom} \times 1.25 \times \text{objectif additionnel} \times \text{oculaire}) \quad [5.2]$$

Avec l'appareillage utilisé :

- Position du zoom (Z) $\in \{6,3 ; 7 ; 8 ; 10 ; 12,5 ; 16 ; 20 ; 25 ; 32 \}$
- Pas d'objectif additionnel
- Facteur oculaire = 10 (oculaire : 10x/21B)

Il s'ensuit : $G = 1.25 \times Z$

- Dans le tube photographique : G_p

Le calcul est le même que pour le tube oculaire, en supprimant le facteur oculaire, d'où :

$$G_p = 0.125 \times Z$$

* Diamètre du champ visuel vu dans les oculaires : D

$$D = \frac{(\text{Facteur du champ visuel} \times 10)}{(\text{Position du zoom} \times 1.25 \times \text{objectif additionnel})} \quad [5.3]$$

Caméra

Taille de l'image vue par la caméra :

$$a \times b = 8.8 \text{ mm} \times 6.6 \text{ mm}$$

La caméra ne conserve qu'une partie de l'image ronde que lui envoie le microscope et renvoie une image rectangulaire (Figure 5.6).

L'image reçue par la caméra a été grossie G_p fois.

L'image initiale rectangulaire avait une largeur l et une longueur L.

$$\text{d'où } l \times G_p = a$$

$$L \times G_p = b$$

$$\text{avec } G_p = 0,125 \times Z$$

Pour une image de 640 pixels par 480 pixels ou une image de 320 pixels par 240 pixels :

$$a = 6,6 \text{ mm}$$

$$b = 8,8 \text{ mm}$$

$$\text{donc } l = (6,6 / 0,125 \times Z) = 52,8 / Z$$

$$L = (8,8 / 0,125 \times Z) = 70,4 / Z \quad [5.4]$$

Résultat final :

largeur	$l=52.8/Z$	[5.4]
longueur	$L=70.4/Z$	

avec Z : position du microscope.

Pour les positions de zoom disponibles et les tailles d'images possibles, les tailles des champs sont listées dans le Tableau 5.1.

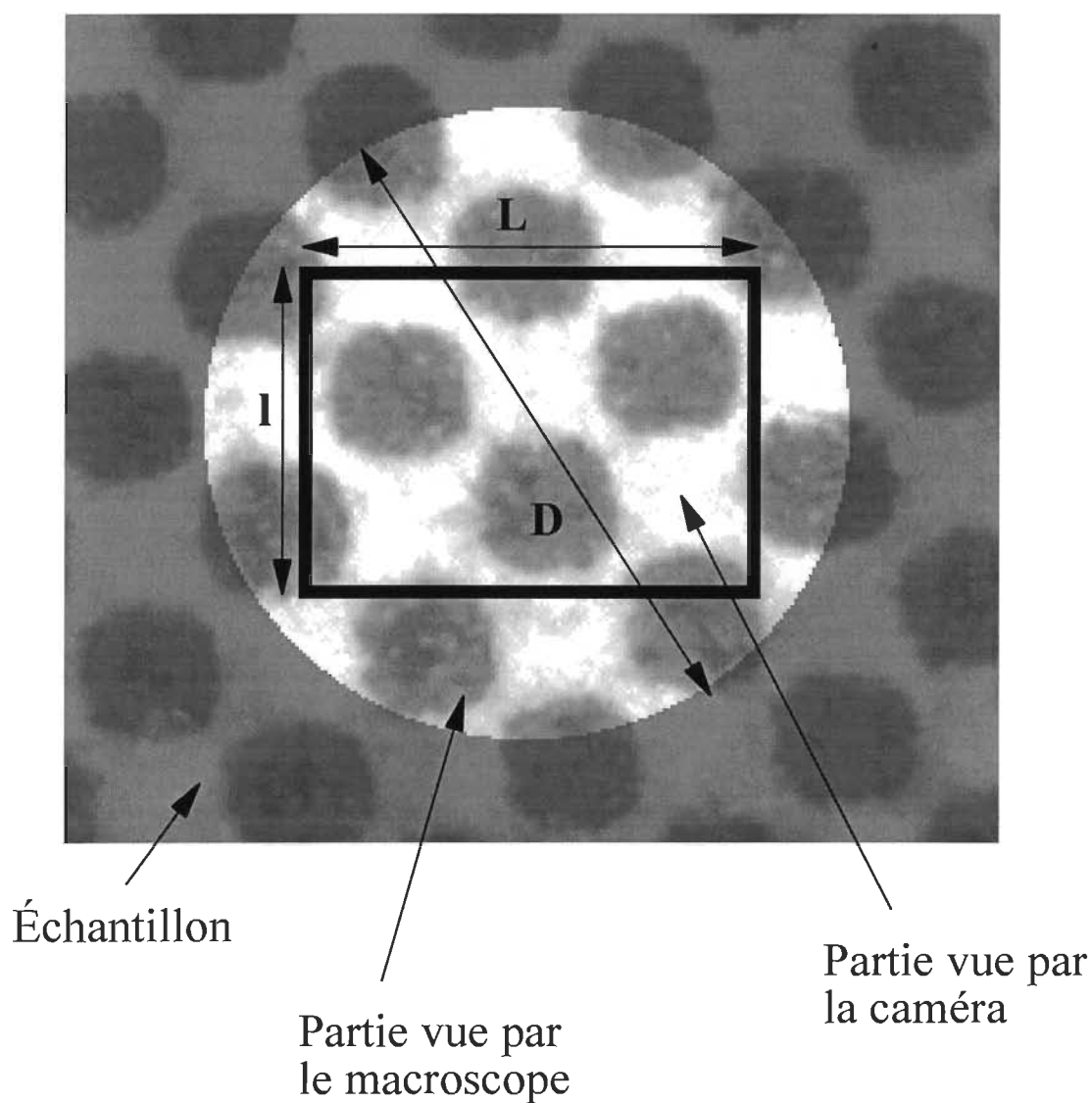


FIGURE 5.6 Zone d'acquisition des images

TABLEAU 5.1 Taille de l'image observée et résolution

Zoom du macroscope Z	Longueur (en mm)		Largeur (en mm)
	$L=70.4/Z$ pour 640 x 480 pix ² ou 320 x 240 pix ²	$L=56.32/Z$ pour 512 x 480 pix ² ou 256x240 pix ²	
32	2.2	1.76	1.65
25	2.82	2.25	2.11
20	3.52	2.82	2.64
16	4.4	3.52	3.3
12.5	5.63	4.51	4.22
10	7.04	5.63	5.28
8	8.8	7.04	6.6
7	10.06	8.05	7.54
6.3	11.18	8.94	8.38

Résolution (en pix/μm)

Zoom du macroscope Z	pour 320x240 pix ² ou 256x240 pix ²	pour 640x480 pix ² ou 512x480 pix ²
32	0.145	0.291
25	0.114	0.227
20	0.091	0.182
16	0.073	0.145
12.5	0.057	0.114
10	0.045	0.091
8	0.037	0.086
7	0.032	0.064
6.3	0.029	0.057

5.2.2 Transformation-Seuillage

L'image une fois acquise doit être transformée pour pouvoir être mesurée. La transformation que nous effectuons consiste à séparer visuellement l'encre du papier. L'image en 256 niveaux de gris est transformée en une image binaire. Les pixels ont pour valeur 1 s'il y a de l'encre, 0 sinon.

Cette opération est effectuée par calculs sur les valeurs des pixels de l'image originale. La méthode proposée présente comme principal avantage d'être objective. Contrairement à d'autres, elle ne fait pas intervenir l'oeil.

5.2.2.1 Revue des différentes méthodes utilisées

Dès 1979, *M. B. Lyne et B. D. Jordan* (28) reconnaissent l'importance critique du seuil. Ils préconisaient d'appliquer des standards extérieurs à l'analyseur d'images pour le déterminer en utilisant un densitomètre calibré, par exemple.

La première méthode de détermination du seuil a utilisé l'oeil humain comme instrument de mesure (29; 30). L'image originale est comparée visuellement à l'image binaire. Plusieurs seuils sont essayés et l'image binaire représentant le mieux l'image originale est retenue. Le contour des points est principalement examiné.

S. Miyamoto et Y. Tajima (31) considèrent le seuil comme le facteur le plus important pour une détermination correcte de la taille des points imprimés. Ils affirment utiliser un processus de binarisation automatique, donnant une valeur variant pour chaque image, mais ne détaillent pas la méthode.

La méthode la plus couramment utilisée (32; 33) fait intervenir l'histogramme des niveaux de gris (Figure 5.7) de l'image originale (Figure 5.8). L'histogramme d'un tramé se décompose en deux pics correspondant, pour les plus basses valeurs de niveau de gris, à la contribution de l'encre (noir) et pour les hautes valeurs à la contribution du

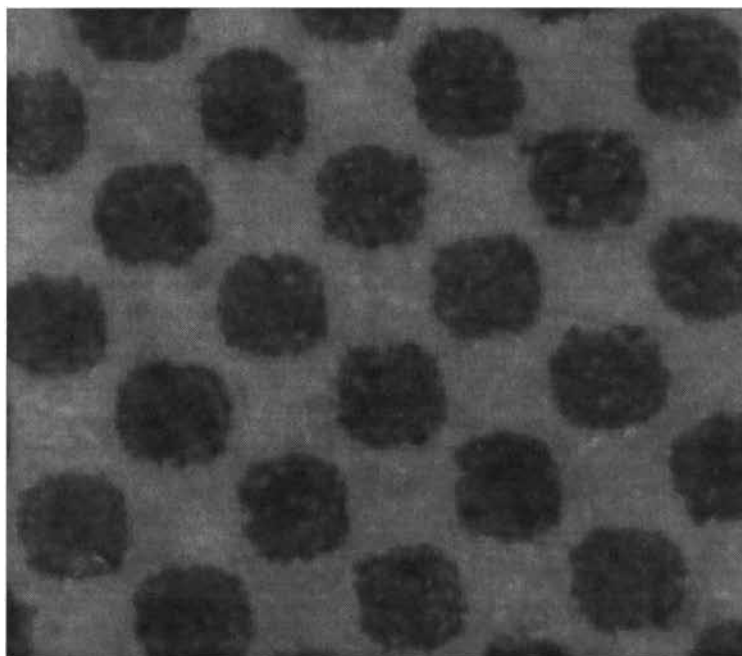


FIGURE 5.7 Image d'un imprimé offset acquise par l'analyseur d'images. L'intensité lumineuse réfléchie est traduite en niveaux de gris pouvant prendre des valeurs comprises entre 0 et 255.

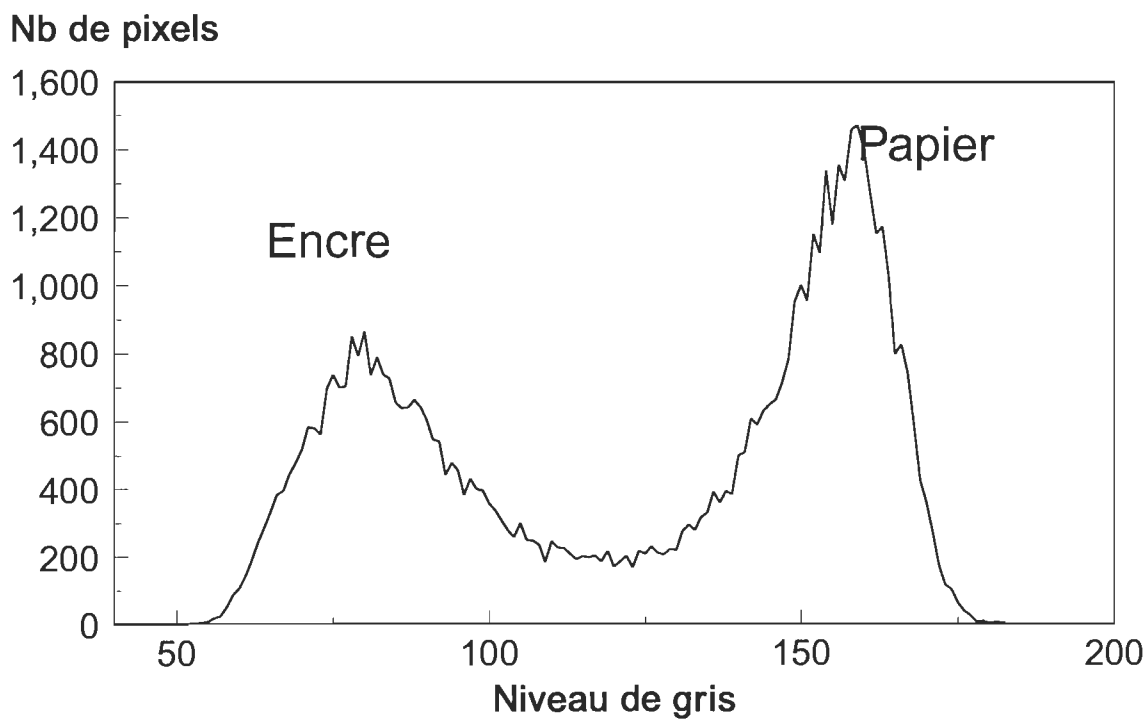


FIGURE 5.8 Histogramme des niveaux de gris de l'IMAGE 5.7. Cet histogramme comporte deux pics distincts, l'un pour l'encre, l'autre pour le papier.

papier (blanc). Le seuil sépare l'encre du papier, la valeur du seuil est donc située entre ces deux pics et plus précisément au minimum local de la courbe. *D. Pugliesi et G. Calabro* (33) appellent l'histogramme, la variation de surface en fonction du seuil et positionnent également le seuil au minimum entre les deux pics.

Cette méthode est efficace pour des images offrant un bon contraste entre le papier et l'encre. Malheureusement tel n'est pas toujours le cas. Si l'intensité des images de l'imprimé (Figure 5.9) est faible, l'histogramme (Figure 5.10) devient très bruité et le seuil est alors difficile à déterminer, même en lissant l'histogramme grâce à des filtres.

Les histogrammes de *N. N. Sayegh* (34) ne lui permettant pas d'obtenir une image binaire satisfaisante, une autre méthode a été employée. Les points de trame d'un imprimé sont séparés par des espaces blancs (non imprimés) formant des lignes. La moyenne des niveaux de gris de chacune des lignes peut être calculée et la valeur maximale en intensité sert de référence de blanc. Le seuil est fixé à 80% de cette valeur maximale. Cependant cette méthode ne s'applique qu'aux imprimés ne comportant que des pourcentages de couverture faibles (inférieur à 35%, par exemple). En effet, pour un pourcentage de couverture élevé les points de trame se rejoignent et il n'y a plus de ligne blanche permettant de mesurer la valeur référence du blanc.

K. P. Niemi (35) utilise deux méthodes distinctes. La première utilise les propriétés optiques et donne pour valeur de seuil la moitié de la densité moyenne des points de l'image. Le seuil dépend alors beaucoup du pourcentage de couverture. La deuxième méthode fait intervenir les propriétés géométriques. Le bord des points est accentué par une combinaison d'une image filtrée (filtre passe-haut) et de l'image originale. L'image binaire est ensuite comparée subjectivement à l'image originale par l'oeil.

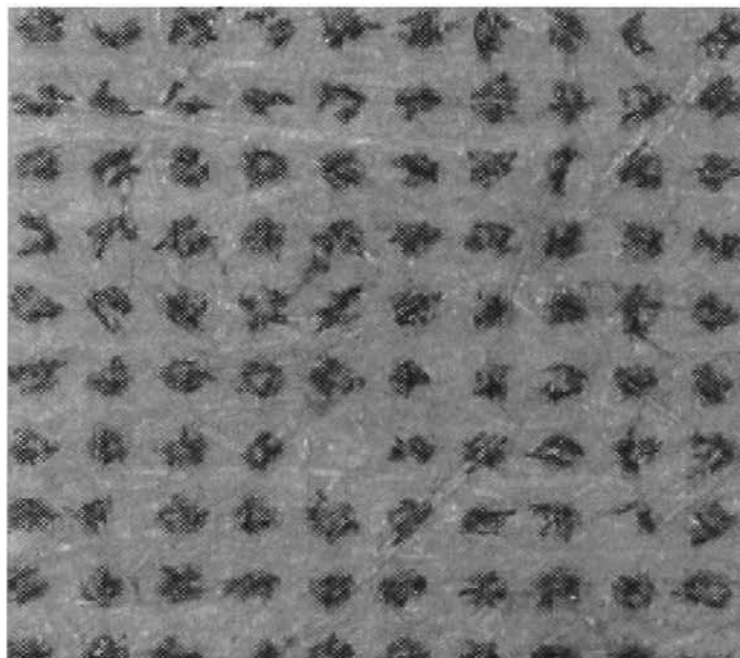


FIGURE 5.9 Image acquise en niveaux de gris d'un imprimé héliogravure.

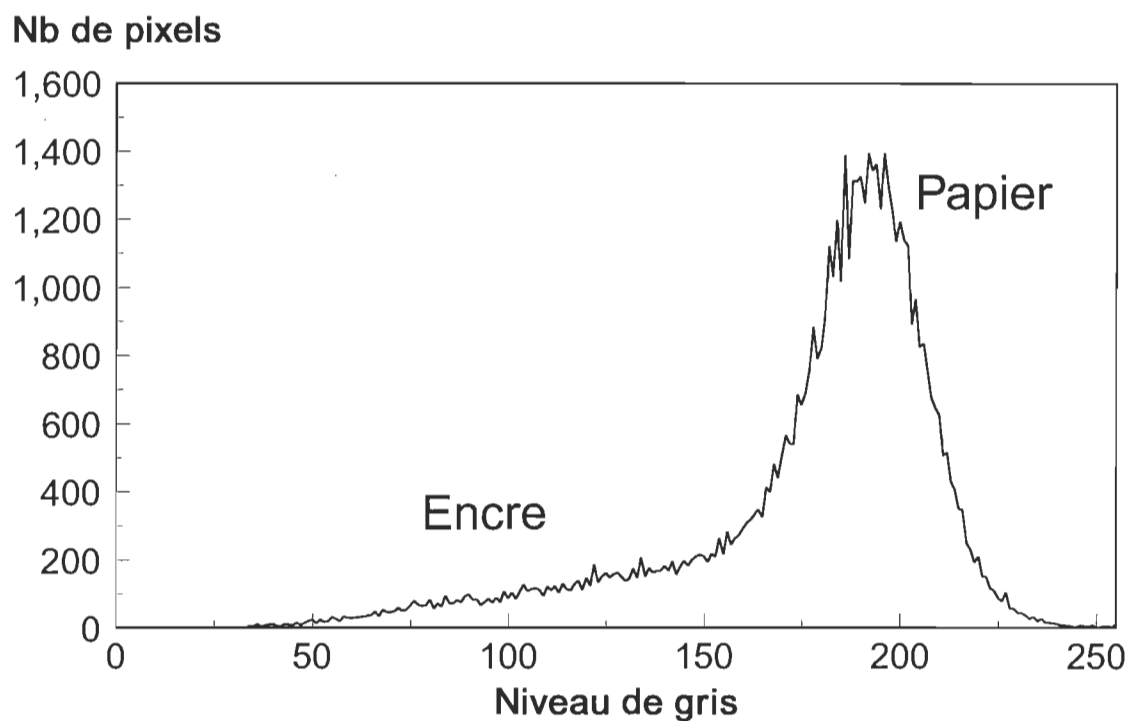


FIGURE 5.10 Histogramme des niveaux de gris de l'image 5.9
Cet histogramme ne permet pas de dissocier aisément la contribution de l'encre de celle du papier.

La grande plage des images de *P-Å Johansson* (36) lui permet de découper des carrés de 25 par 25 pixels autour de chaque pixel, tout en conservant un grand nombre de points imprimés. Afin de compenser le manque d'uniformité du système optique et de l'illumination, le seuil est calculé pour chaque pixel distinctement. Ce seuil ponctuel correspond à la moyenne des niveaux de gris sur la fenêtre de 25x25 pixels, augmentée de la valeur 45 (valeur arbitraire).

Pour *B. Foyn et al* (37; 38) un seuil différent doit être utilisé selon le pourcentage de couverture de l'imprimé. En effet la lumière est transmise, réfléchiée et absorbée par les parties encreées, différemment suivant la proportion de surface couverte (phénomène Yule-Nielsen (39)). Une première étape (subjective) consiste à établir une courbe référence reliant la valeur de seuil au pourcentage de couverture. Cette courbe est construite à l'aide de comparaisons visuelles de plusieurs échantillons, entre l'image binaire et ce qui est vu au microscope. La deuxième étape (objective) consiste en l'analyse des imprimés. La surface couverte est tracée en fonction de la valeur de seuil. La surface correspondant à la valeur référence (au pourcentage de couverture considéré) est atteinte par itérations. Le seuil est donc l'intersection de la courbe référence et de la courbe surface couverte en fonction du seuil pour l'image considérée.

La détermination du seuil est un problème très fréquent en analyse d'images. L'analyse d'images d'imprimés fait partie du domaine très vaste de l'analyse d'images en général. En analyse d'images, une des méthodes (40) de détermination du seuil consiste à utiliser les dérivées des fonctions étudiées. Dans le cas d'un signal à une dimension, le point de transition se produit lorsque la dérivée première passe par un extremum, ou encore lorsque la dérivée seconde s'annule (Figure 5.11). Ces propriétés sont étendues aux images en deux dimensions en utilisant le concept de gradient et de laplacien. Le gradient d'une fonction continue à deux variables fait intervenir les dérivées partielles premières. Le laplacien est la somme des dérivées partielles secondes.

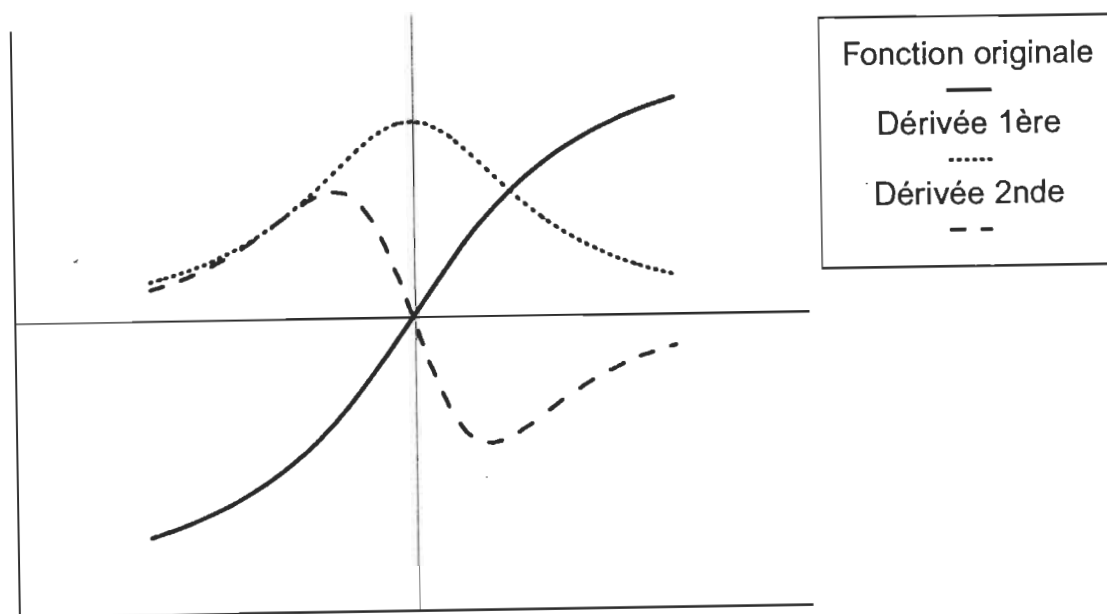


FIGURE 5.11 Si la courbe originale représente un profil d'intensité entre le papier et l'encre au niveau du bord d'un point, la séparation entre l'encre et le papier pourra être détectée lorsque la dérivée première de ce profil passe par un extremum, ou lorsque la dérivée seconde s'annule.

Les images ici étudiées, étant trop bruitées, le seuil n'a pu être déterminé grâce à ces notions. En appliquant préalablement des filtres, le résultat a été amélioré mais n'a pas atteint le niveau désiré.

Ces différentes méthodes ont été évaluées et testées sur un analyseur d'images. Elles n'offrent pas un champ d'application assez étendu pour les imprimés étudiés. En effet, elles ne peuvent être appliquées qu'à un nombre limité de type de papiers et de méthodes d'impression. De plus, elles manquent parfois d'objectivité.

Une méthode de détermination automatique du seuil s'inspirant de certaines des méthodes est proposée. Par ailleurs, la méthode proposée est entièrement objective.

5.2.2.2 Méthode proposée

Une méthode totalement objective et automatique est proposée.

Afin de lisser les bords des points, une fonction *Open* de taille 2, puis une fonction *Close* de taille 2, est appliquée à l'image originale (Figure 5.12, Figure 5.13, Figure 5.14). Cette succession est un enchaînement classique en analyse d'images permettant de supprimer une partie du bruit. Une fonction *Close* est composée d'une *Dilatation* et d'une *Erosion*. Une fonction *Open* est composée d'une érosion puis d'une *Dilatation*. Une *Erosion* supprime les petits pics autour des objets, alors qu'une *Dilatation* comble les creux.

Soit I : l'image originale relative,
 (x, y) : les coordonnées d'un point de I ,
 $f(x, y)$: la valeur en niveau de gris de I en (x, y) , valeur comprise entre 0 et 255,
 E, D, M, T : la fonction d'*Erosion*, *Dilatation*, *Contraste*, et *Binarisation* respectivement,
 $E[f(x,y)]$: la valeur en niveau de gris de l'image érodée de I , en (x,y) ,
 $D[f(x,y)], M[f(x,y)], T[f(x,y)]$ sont définis de la même façon,
 Inf, Sup : la borne inférieure, supérieure de l'ensemble considéré.

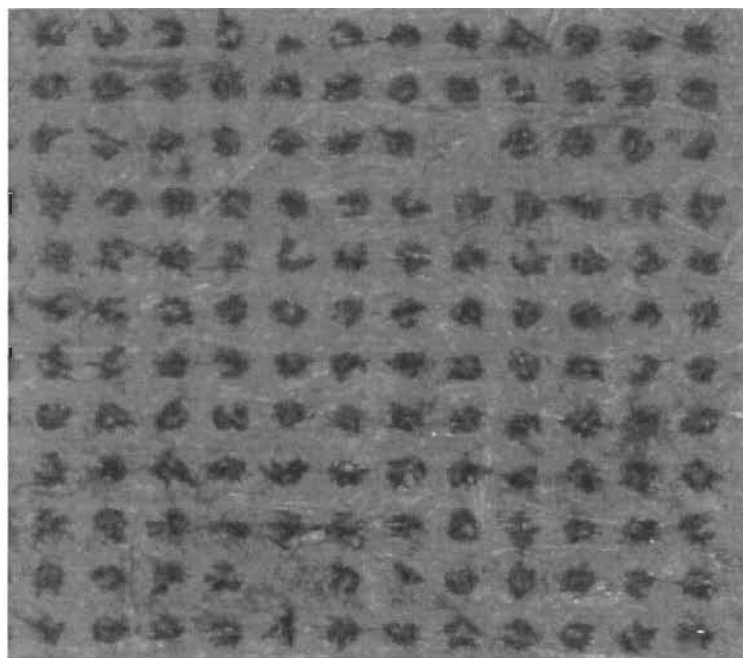


FIGURE 5.12 Image originale en niveaux de gris (imprimé héliogravure).

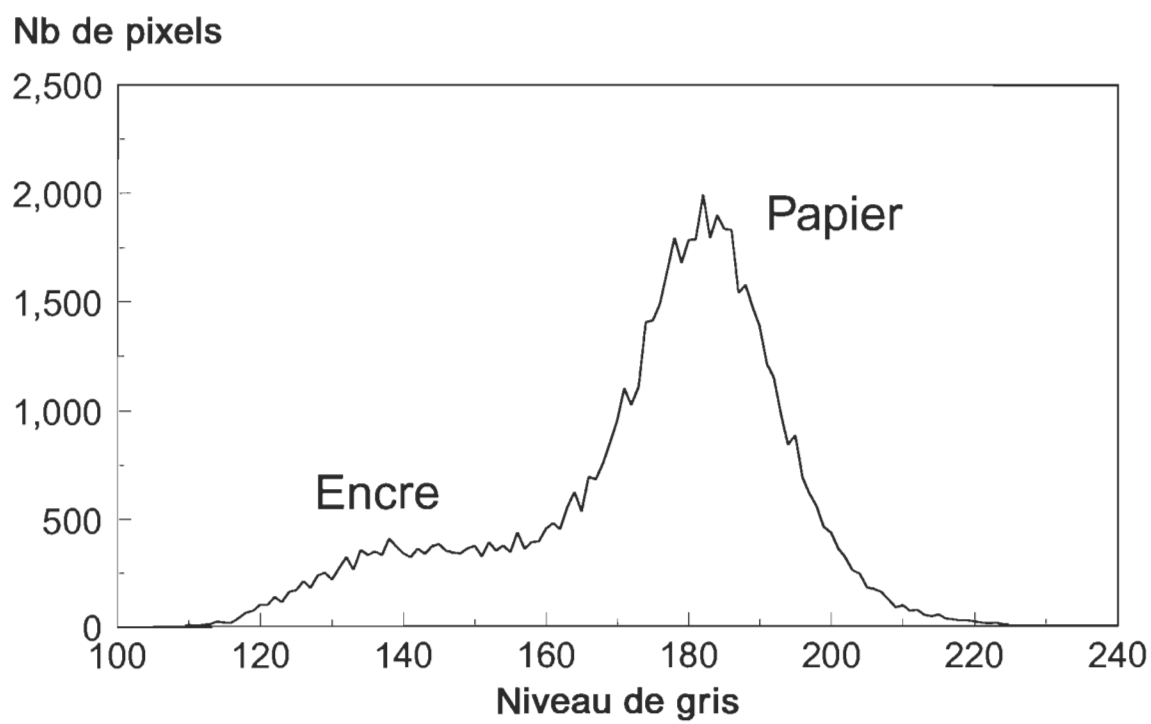


FIGURE 5.13 Histogramme des niveaux de gris de l'image 5.12

Erosion de taille 2 : transformation remplaçant chaque pixel par la valeur minimale de l'ensemble {pixel original et ses 24 voisins (grille carrée)}.

$$E [f(x,y)] = \text{Inf} \{ f(x_i, y_j) ; (x_i, y_j) \in B \} \quad [5.5]$$

B : Boule fermée centrée sur le point étudié et de rayon la taille de l'érosion (2 ici).

Dilatation de taille 2 : transformation remplaçant chaque pixel par la valeur maximale de l'ensemble {pixel original et ses 24 voisins (grille carrée)}.

$$D [f(x,y)] = \text{Sup} \{ f(x_i, y_j) ; (x_i, y_j) \in B \} \quad [5.6]$$

B : Boule fermée centrée sur le point étudié et de rayon la taille de la dilatation (2 ici).

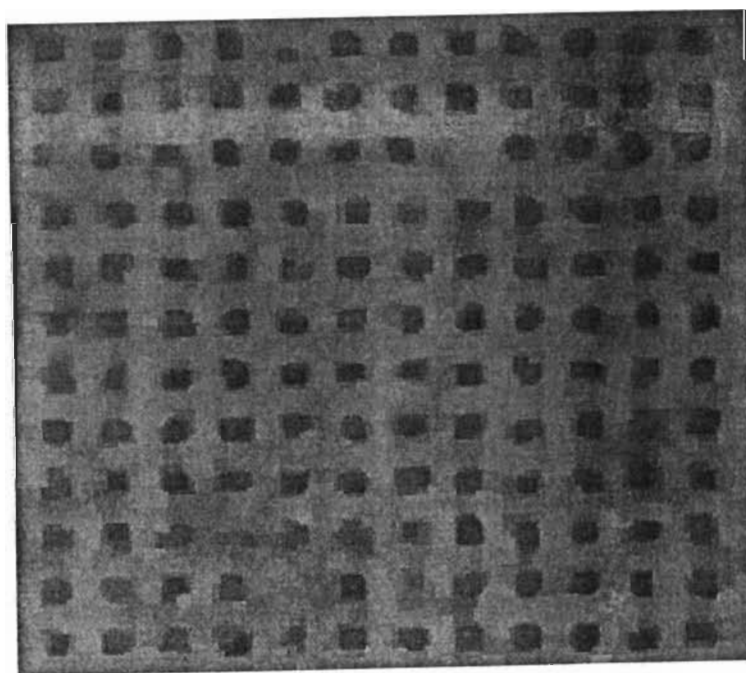


FIGURE 5.14 Image lissée par les fonctions Open (2) et Close (2) à partir de l'image 5.12.

A partir de cette image lissée, le contraste est fortement augmenté grâce à un algorithme basé sur le fait qu'une fonction est toujours comprise entre son érosion et sa dilatation.

$$\forall (x,y) \in I \quad E[f(x,y)] \leq f(x,y) \leq D[f(x,y)] \quad [5.7]$$

La valeur du pixel sur l'image contrastée est égale à la valeur de l'érosion ou de la dilatation qui est la plus proche de la valeur originale.

$$\forall (x,y) \in I$$

$$\text{si } D[f(x,y)] - f(x,y) < f(x,y) - E[f(x,y)] \text{ alors } M[f(x,y)] = D[f(x,y)] \quad [5.8]$$

$$\text{si } D[f(x,y)] - f(x,y) > f(x,y) - E[f(x,y)] \text{ alors } M[f(x,y)] = E[f(x,y)] \quad [5.9]$$

Une image très contrastée (Figure 5.15, Figure 5.16) est obtenue en appliquant 10 fois cette procédure pour chaque point de l'image. Pour les images d'imprimés de qualité moyenne, 10 est un nombre excessif. Par contre, il est nécessaire pour les images d'imprimés de qualité médiocre afin de séparer distinctement l'encre du papier. Une combinaison d'une fonction *Open* de taille 2 et d'une fonction *Close* de taille 2 (Figure 5.17), permet à nouveau, de lisser les bords de l'image.

L'histogramme de cette image contrastée et lissée est tel que représenté sur la Figure 5.18. Il comporte toujours deux pics bien séparés. L'aspect bimodal de cet histogramme permet aisément de déterminer un premier seuil. La valeur moyenne entre le minimum et le maximum de cet histogramme est appliquée comme seuil à l'image contrastée.

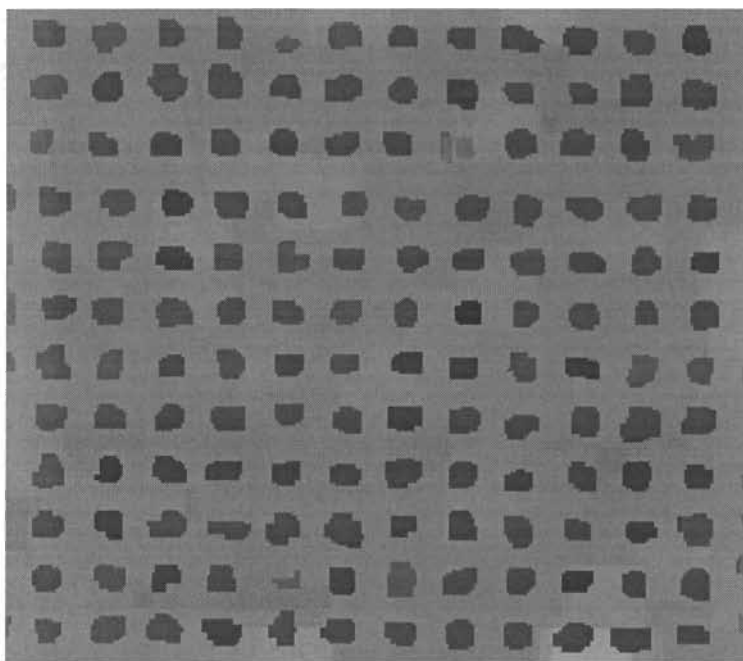


FIGURE 5.15 Image contrastée à partir de l'image lissée.
"Le blanc devient plus blanc et le noir plus noir".

	i-2	i-1	i	i+1	i+2
j-2	61	63	57	59	80
j-1	62	61	62	77	90
j	67	64	65	75	92
j+1	62	<u>60</u>	74	85	140
j+2	65	76	80	143	<u>150</u>

60

150

60

Valeur en (i, j)
de l'image érodée :
minimum de la boule.

Valeur en (i, j)
de l'image dilatée :
maximum de la boule.

Valeur en (i, j) de
l'image contrastée
60 ici car 60 est
plus proche de 65
que ne l'est 150.

FIGURE 5.16 Boule centrée sur le
point (i,j) de rayon 2, représentant
une partie de l'image.
Les valeurs indiquées sont les niveaux
de gris.

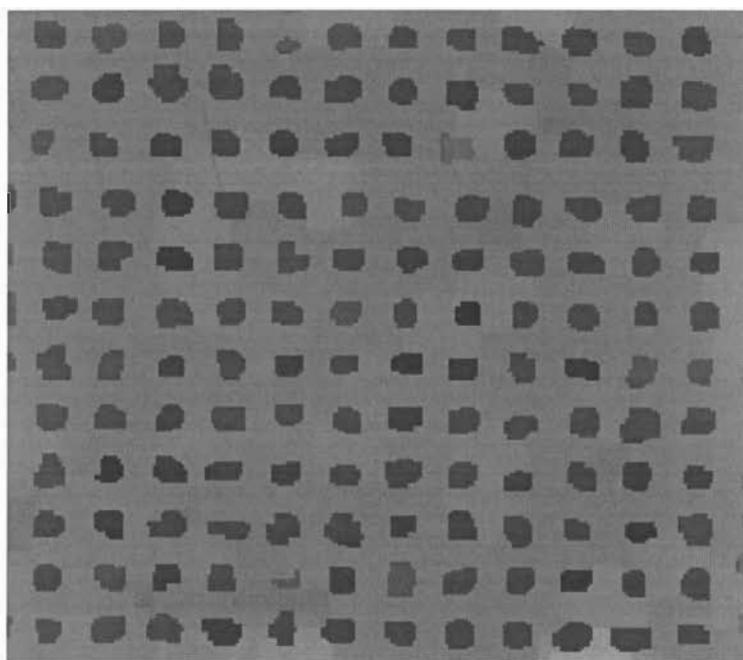


FIGURE 5.17 Open (2) et Close (2) de l'image 15 : lissage.

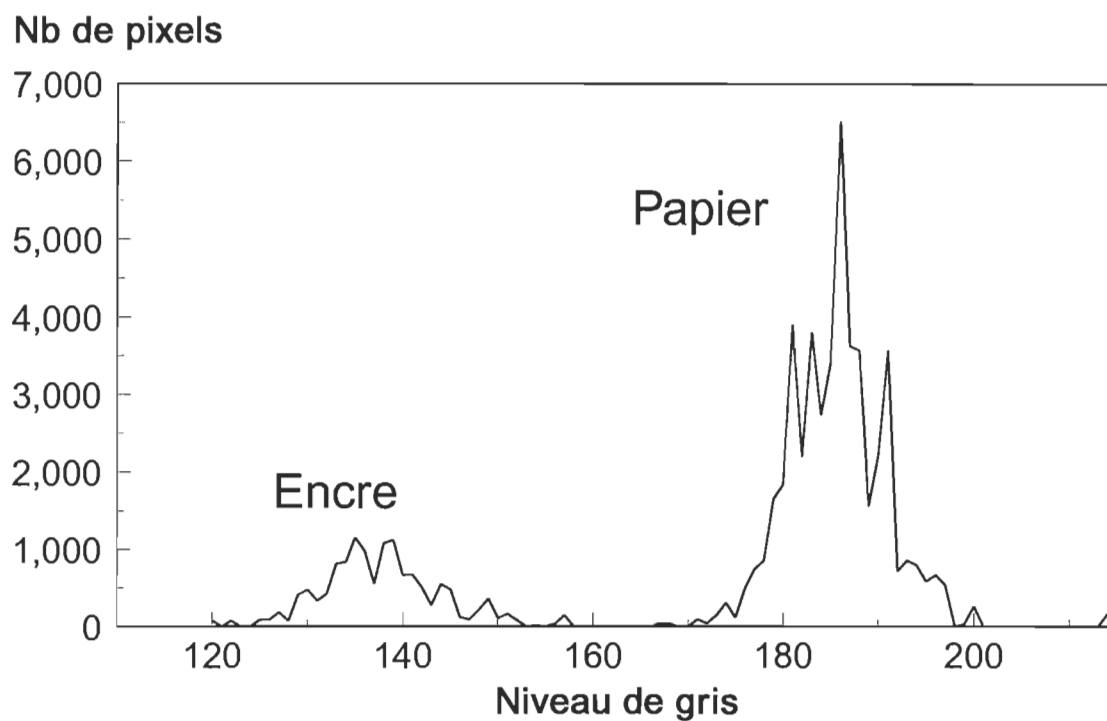


FIGURE 5.18 Histogramme des niveaux de gris de l'image 7A
Plus le contraste est augmenté, plus les deux pics de l'histogramme s'écartent.
Le nombre (10) d'application de la fonction est basé sur l'échantillon imprimé le plus mauvais.

$$\begin{aligned}
 \text{si } M[f(x,y)] &> \frac{1}{2} (\text{Inf}\{f(x_i,y_j); (x_i,y_j) \in I\} + \text{Sup}\{f(x_i,y_j); (x_i,y_j) \in I\}) \\
 \text{alors } T[f(x,y)] &= 1
 \end{aligned}
 \tag{5.10}$$

$$\begin{aligned}
 \text{si } M[f(x,y)] &< \frac{1}{2} (\text{Inf}\{f(x_i,y_j); (x_i,y_j) \in I\} + \text{Sup}\{f(x_i,y_j); (x_i,y_j) \in I\}) \\
 \text{alors } T[f(x,y)] &= 0
 \end{aligned}
 \tag{5.11}$$

L'image binaire ainsi obtenue (Figure 5.19) provient de l'image originale. Cependant, cette image ne peut être conservée pour les mesures ultérieures car elle a subi des transformations qui peuvent modifier les paramètres à observer. Lors des opérations décrites précédemment, une partie de l'information a été perdue. Pour la récupérer, il faut revenir à l'image originale et binariser directement cette image.

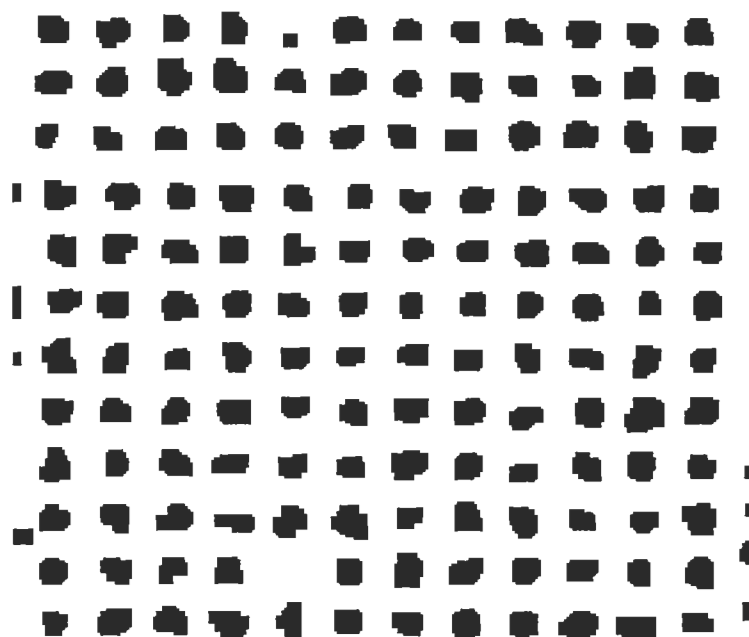


FIGURE 5.19 Image binaire référence obtenue par seuillage de l'image contrastée et lissée.

Cette image a subi de nombreuses transformations depuis l'image originale, elle ne peut être conservée pour les mesures. Par contre la surface totale des points sert de référence.

La surface totale des points de l'image binaire obtenue (Figure 5.19) est mesurée et sert de référence. Une surface de points peut être mesurée uniquement sur une image binaire. Elle représente le nombre de pixels de valeur 1 de cette image. Connaissant les caractéristiques dimensionnelles de l'appareil utilisé, cette valeur (pixels carré) est convertie en μm^2 . Des étapes précédentes, seule cette surface est conservée pour atteindre l'image binaire finale.

La suite du processus émet l'hypothèse d'un principe d'équivalence de surface entre cette image référence et l'image binaire recherchée. En effet, l'image référence ressemble beaucoup à l'image recherchée, mais le bord des points est beaucoup plus lisse. Nous supposons qu'autant de pixels ont été rajoutés qu'enlevés. Ce principe est très bien vérifié expérimentalement.

L'image originale (Figure 5.12) est binarisée par des valeurs croissantes de seuil. La surface des points de cette image binaire est comparée à la surface référence. Lorsqu'il y a égalité, l'image obtenue est l'image binaire désirée (Figure 5.20). De plus la valeur de la binarisation de cette image est la valeur du seuil recherché. Cette valeur peut être visualisée Figure 5.21.

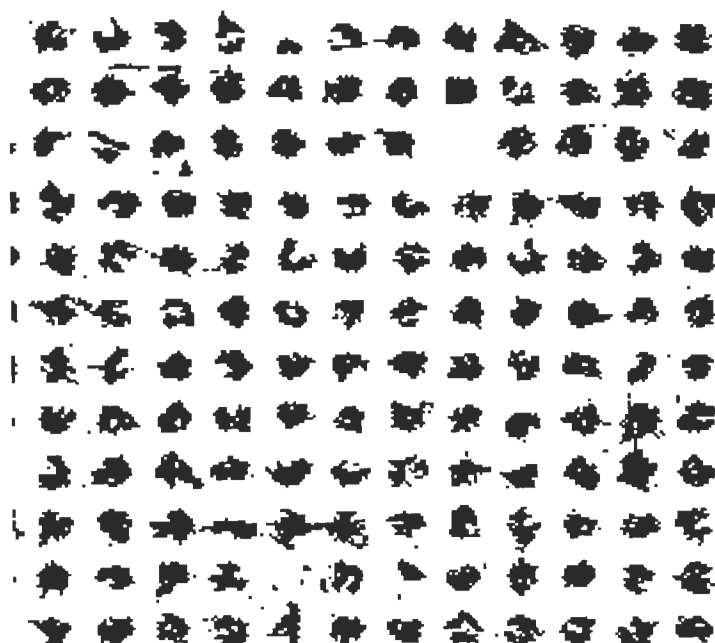


FIGURE 5.20 Image binaire finale. Cette image a la même surface de points que l'image binaire référence et est obtenue directement à partir de l'image originale.

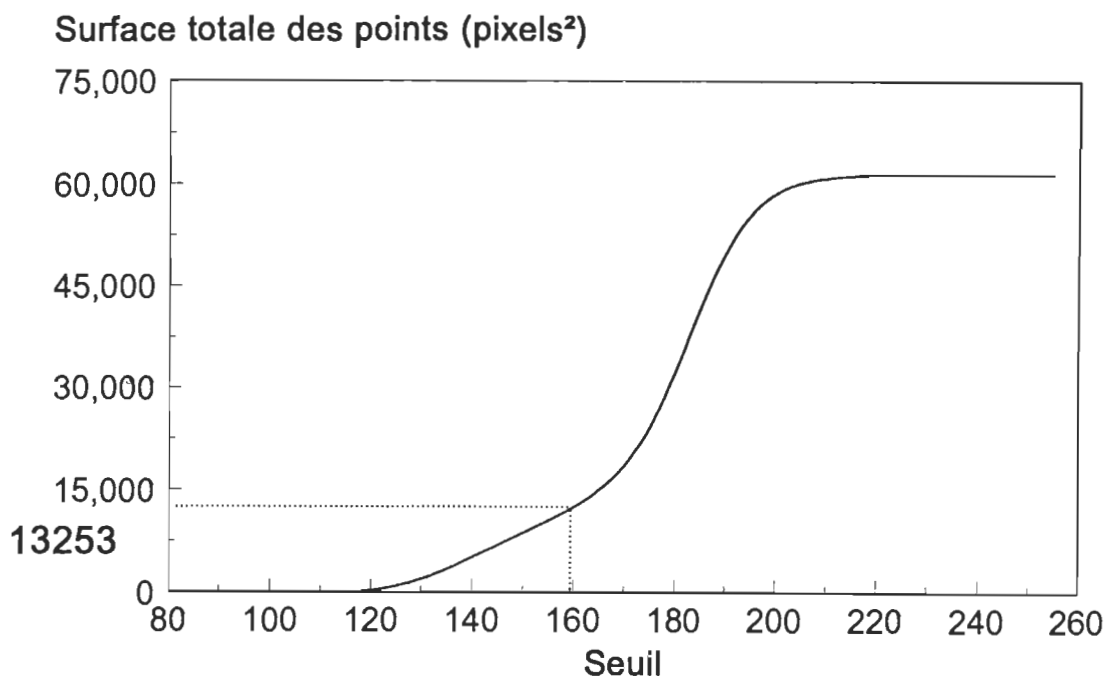


FIGURE 5.21 13253 pixels² est la surface de l'image binaire référence (19). Suivant le seuil appliqué, l'image originale binarisée a une surface totale de points différente. Lorsque la surface atteinte est égale à celle de l'image référence, le seuil peut être déterminé grâce à la courbe ci-dessus.

5.2.2.3 Fiabilité

Afin de tester la justesse de l'algorithme décrit, différentes comparaisons ont été menées. L'œil étant le juge de la qualité d'impression, il sert de référence et les résultats doivent être conformes à son verdict. Les facteurs de l'étude ont été le type d'impression (offset, héliogravure), le pourcentage de couverture, la couleur de l'encre (noir, cyan, magenta, jaune), le grossissement du microscope (de x 7.9 à x 40), le type de papier. Une centaine d'essais a ainsi été effectuée.

Seule l'encre jaune n'a pu être correctement décelée. En effet, l'œil comme la

caméra sont peu sensibles à cette couleur (41). Dans tous les autres cas, les résultats étaient conformes à ceux de l'oeil.

Corrélation seuil automatique/seuil subjectif

Un échantillon de 5 juges a évalué le seuil le plus juste pour leur perception visuelle. 50 images ont ainsi été testées. Elles proviennent d'Héliotests (test imprimant grâce à une mollete gravée) puisque ces points sont parmi les plus difficiles à détecter. Certains imprimés sont très mauvais, d'autres meilleurs.

Lors de la détermination manuelle du seuil, l'image originale en niveau de gris est mise en référence. L'image binaire lui est superposée. La modification de la valeur du seuil entraîne un changement de couverture. Le juge peut modifier le seuil à volonté et noter la valeur qui lui semble la mieux adaptée.

Par ailleurs, le seuil a été calculé par la méthode automatique exposée précédemment.

La Figure 5.22 donne les valeurs obtenues par les juges. En traçant ces valeurs en fonction des valeurs de seuil automatique, la courbe 5.23 est obtenue. La corrélation entre le seuil subjectif et le seuil automatique est très bonne ($R^2=0.95$). La valeur du seuil automatique est toujours située dans l'intervalle valeur moyenne subjective +/- écart-type entre les juges.

En conclusion, la nouvelle méthode présente de multiples avantages.

- Elle est entièrement automatique. Le seul paramètre d'entrée est le nom de l'image.
- Elle est parfaitement reproductible, puisque indépendante des conditions externes.
- Elle est rapide, car aucun jugement subjectif n'entre en ligne de compte.
- Elle est fiable, comme cela a été testé.
- Elle est totalement objective.

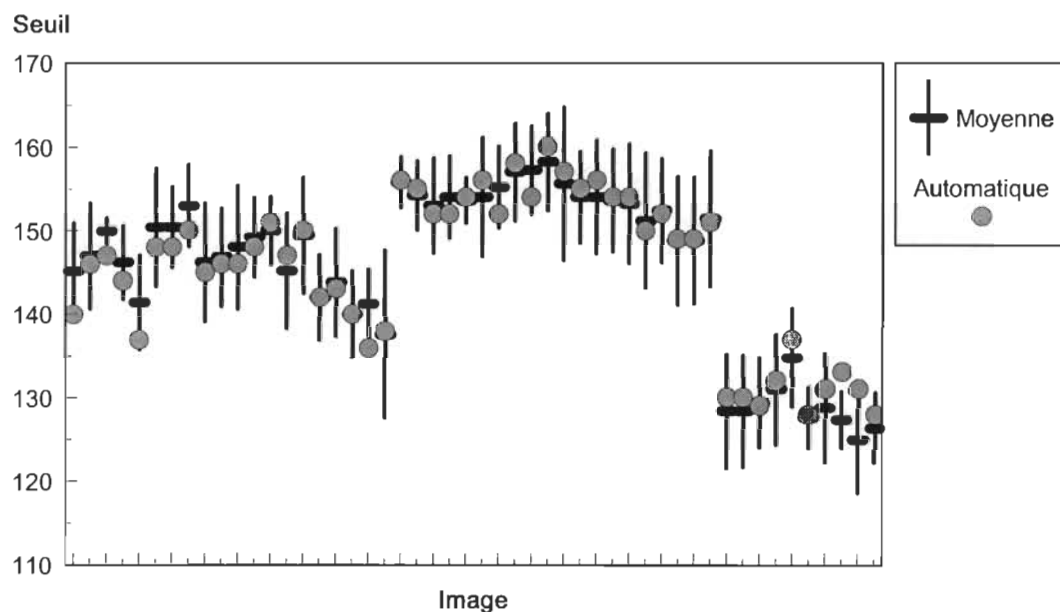


FIGURE 5.22 Comparaison seuil subjectif/seuil automatique.

50 images ont été observées.

La valeur moyenne du seuil pour chaque image est tracée, ainsi que cette valeur augmentée et diminuée de l'écart-type sur les juges.

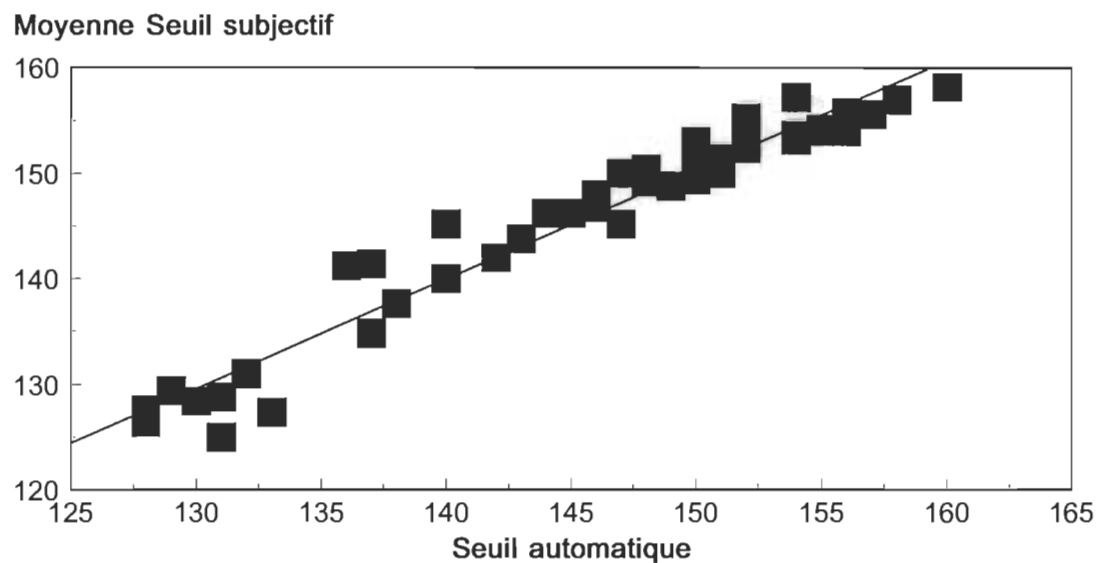


FIGURE 5.23 Corrélation seuil subjectif/seuil automatique.

Le coefficient de corrélation entre le seuil déterminé subjectivement par les juges et le seuil calculé est de $R^2 = 0.95$.

5.2.2.4 Exploitation

Par cette méthode, un seuil peut être calculé pour chaque image. Le temps d'application de l'ensemble de la procédure est d'environ 11s avec l'analyseur d'images utilisé.

Dans le cas où la détermination du seuil s'inscrit dans une démarche d'évaluation de la qualité d'impression, deux approches sont possibles. La première consiste à mesurer le seuil pour chaque image, la deuxième à garder un seuil référence constant pour toutes les images.

Calculer le seuil pour chaque image permet de mesurer les paramètres propres de l'image. Le seuil est alors exactement adapté à l'image et les mesures s'effectuent dans les conditions optimales de chaque image.

Si le seuil est gardé constant, il sert de base de comparaison. Ce seuil référence peut être celui d'une image en particulier, ou la moyenne des seuils calculés pour plusieurs images, par la méthode précédemment décrite. L'essentiel est qu'il soit le même pour toutes les images et qu'il soit représentatif. Cette approche s'applique pour des échantillons imprimés dans des conditions semblables et avec des mêmes types de papier.

Lorsque le pourcentage de couverture varie un seuil différent doit être appliqué pour prendre en compte l'effet Yule Neilsen (39). En effet, un gros point ne diffuse pas la lumière de la même façon qu'un petit point.

5.2.2.5 Conclusions de la méthode de seuillage automatique

L'analyse de la qualité d'impression par analyse d'images doit être décomposée en étapes. L'une des étapes fondamentales est la binarisation de l'image originale. Elle sépare l'encre du papier.

Une méthode fiable et objective a été proposée pour cette binarisation. Cette méthode peut être appliquée même lorsque le contraste de l'image originale est mauvais. Cette procédure est une étape qui s'intègre dans le processus plus global d'analyse d'images. Néanmoins, avec la calibration, elle est l'une des étapes les plus importantes pour garantir la reproductibilité des résultats.

5.2.3 Mesures

Un certain nombres de mesures ont été choisies pour caractériser les points d'impression.

Les résultats fournis par le programme correspondant sont :

Nombre d'objets analysés : nombre de points de trame mesurés pour calculer les résultats suivants.

Moyenne niveau de gris : réflexion moyenne sur l'ensemble de l'image (encre et papier). Cette valeur est inversement proportionnelle à la densité d'impression. Elle est comprise entre 0 (noir pur) et 255 (blanc pur).

Gris moyen des points : mesure identique à la mesure précédente mais uniquement pour les points (encre). Seule la contribution de l'encre est mesurée.

Pourcentage de couverture : surface couverte par l'encre rapportée à la surface totale mesurée. Ce pourcentage de couverture est une valeur géométrique contrairement à ceux calculés avec les formules de Murray-Davis ou Yule-Neilsen, qui sont dérivés de valeurs optiques.

Surface moyenne d'un point : la surface couverte par chaque point de trame est mesurée en μm^2 . L'ensemble des valeurs pour tous les points permet de calculer la valeur moyenne, ainsi que l'écart-type (μm^2) et le coefficient de variation (%). Plus il y a d'engraissement, plus cette valeur sera élevée.

Périmètre moyen d'un point : longueur, en μm , du pourtour d'un point. L'écart-type (μm) sur la valeur, ainsi que le coefficient de variation (%) sont également donnés. Ce

paramètre inclue la taille du point ainsi que sa circularité.

Forme moyenne d'un point : circularité du point :

$$F = \frac{P^2}{4\pi A} \quad [5.12]$$

avec P : périmètre du point

A : surface du point

Cet indice vaut 1 pour un point parfaitement circulaire. Plus le point est déformé, plus cet indice a une valeur élevée.

La qualité d'impression est une notion très subjective. Comment définir ce qui "beau" quand chaque imprimé est une œuvre nouvelle. Les photos sont les objets les plus difficiles à reproduire. Lors des différentes étapes menant de la photo à l'imprimé, de l'information est perdue. Moins il y aura de perte, plus fidèle sera la reproduction. Un imprimé est composé de points de trame. Les points sont idéalement des disques (facteur de forme 1). Le facteur de forme permet de quantifier la déformation du point de trame par rapport à un point parfait. Cela donne une référence, toutefois l'échelle de progression n'est pas connue.

CHAPITRE VI

MÉTHODOLOGIES EXPÉRIMENTALES

6.1 Essai commercial

Un même dépliant publicitaire été imprimé à des températures différentes. Les rouleaux de la rotative ayant servie à l'essai, sont équipés du système Thermotrac (cf chapitre 2.3.3).

Le dépliant de huit pages a été imprimé en quadrichromie. La taille est de 25.4 cm par 50.8 cm déplié. Il comportait des aplats et des tramés. La majorité des tramés est composée de mélange de couleurs. Toutefois, certaines zones ne comportent qu'un tramé noir. Ces zones ont été mesurées. En effet, la contribution d'un groupe imprimant peut alors être isolée et mesurée. Les tramés noirs en question se situent dans le texte et dans le fond des plans des pages 3, 5 et 7 du dépliant.

Deux températures ont été fixée : 46 °C et 57 °C (115°F et 135°F respectivement).

Ces imprimés ont été mesurés à l'aide de l'analyseur d'images tel que décrit dans le chapitre V. Pour chaque zone, 20 images ont été acquises. Les résultats représentent la moyenne sur la mesure d'environ 1100 points de trame.

6.2 Essai de laboratoire

Des imprimés ont été réalisés selon la procédure décrite dans le chapitre IV. Afin de modifier la température, la molette porte plaque était préalablement chauffée dans une étuve. La durée de chauffe dépend de la température à atteindre. Deux papiers ont été étudiés. Un couché léger (LWC) et un papier super-calandré de grade A (SCA).

La composition du LWC est :

Pâte kraft de pin	: 36.6 %
Pâte de meule de pin	: 24.4 %
Cassés	: 39 %

Le poids de la couche est d'environ 20 g/m². Elle comprend de l'amidon, du dioxyde de titane, de l'argile.

Ce papier a été de plus supercalandré.

La composition du SCA est :

Pâte kraft recyclée	: 6.1 %
Pâte kraft d'épinette et de pin	: 14.4 %
Pâte de meule d'épinette et de pin	: 46.4 %
Argile	: 33.1 %

Les propriétés physiques de ces papiers sont reportées dans le tableau 6.1.

Trois températures devaient être étudiées dans le cas des essais en laboratoire : 23°C, 30°C et 37°C. L'impression à la température la plus élevée (37°C) s'est avérée inexploitable. En effet, à cette température l'évaporation de la solution de mouillage était telle que l'encre recouvre la majeure partie de l'échantillon.

Notre étude porte donc sur deux papiers, à deux températures. Chaque essai a été répété 5 fois.

Chaque imprimé est mesuré 10 fois par plage étudiée. Les moyennes sont donc données pour 50 images, soit environ 2500 points de trame.

TABLEAU 6.1 Propriétés physiques

Mesure	Unités	LWC	SCA
Grammage	g/m ²	57.1	55.6
Épaisseur	μm	56	54
Indice d'éclatement	kPa.m ² /g	1.78	
Indice de déchirure (SM)	mN.m ² /g	4.3	
Longueur de rupture (SM)	km	6.58	4.7
Indice TEA (SM)	mJ/g	505.67	268
Module d'élasticité (SM)	km	894	691
Longueur de rupture machoires jointives (SM)	km	11.39	
Brillance ISO	%	68.37	67.04
Opacité ISO	%	92.8	93.97
Opacité TAPPI	%	89.3	90.57
L*		88.44	87.53
a*		-0.19	0.71
b*		4.19	3.93
Coefficient de diffusion	m ² /g	53.6	55.98
Rugosité PPS S5	μm	2.1	1.7
S10		1.5	1.2
S20		1.0	0.8

CHAPITRE VII RÉSULTATS ET DISCUSSION

7.1 Essai commercial

L'analyseur d'images a évalué la qualité d'impression.

Les mesures ont été effectuées sur le négatif de l'image, car le pourcentage de couverture était supérieur à 50%. Les surfaces non encrées sont mesurées et non pas l'encre. Les points blancs sont les zones non imprimées du papier.

Les résultats obtenus se trouvent Figure 7.1 pour le % de couverture de l'encre, à la Figure 7.2 pour la surface moyenne d'un point blanc, à la Figure 7.3 pour le périmètre moyen d'un point blanc, et à la Figure 7.4 pour la forme moyenne d'un point blanc.

% couverture de l'encre :

À faible température, le pourcentage de surface couverte est plus faible qu'à température élevée. Lorsque la température augmente, l'encre occupe plus de place.

Surface moyenne d'un point blanc :

À faible température le point blanc a une surface plus élevée qu'à haute température. Le résultat précédent est confirmé, l'encre occupe plus de place à haute température.

Périmètre moyen d'un point blanc :

Le point blanc a un périmètre plus élevé lorsque la température est basse.

Forme moyenne du point blanc :

La valeur du facteur de forme est plus élevée à faible température. Le point est alors plus dégradé.

Les résultats fournis par les imprimés commerciaux montrent des tendances nettes. Ces tendances sont les mêmes pour les différents échantillons mesurés. L'encre s'étale à température haute. Le point d'encre est plus gros.

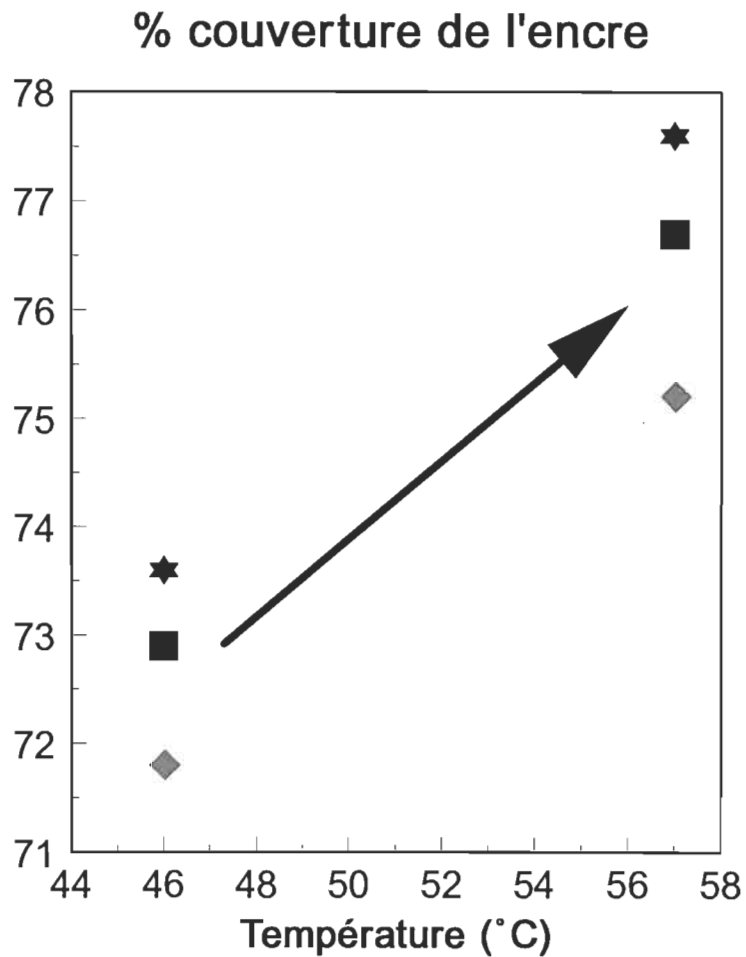


FIGURE 7.1 % couverture de l'encre
Imprimés commerciaux

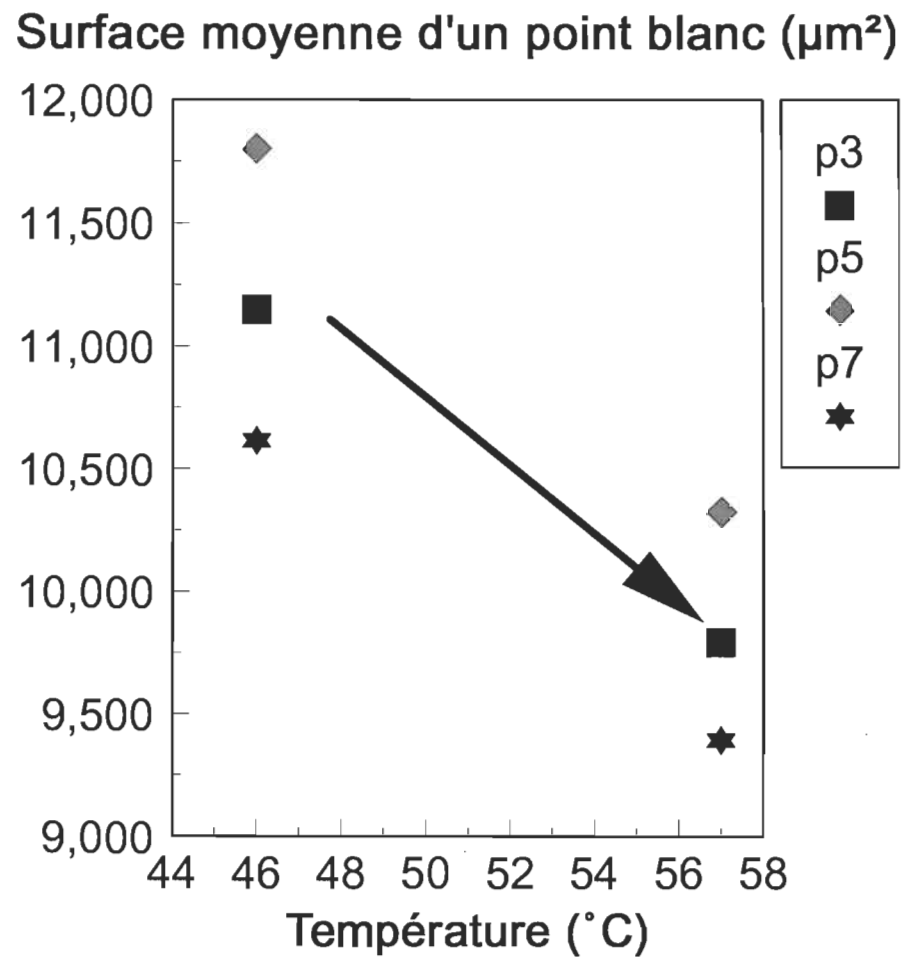


FIGURE 7.2 Surface moyenne d'un point en μm^2
Imprimés commerciaux

Périmètre moyen d'un point blanc (μm)

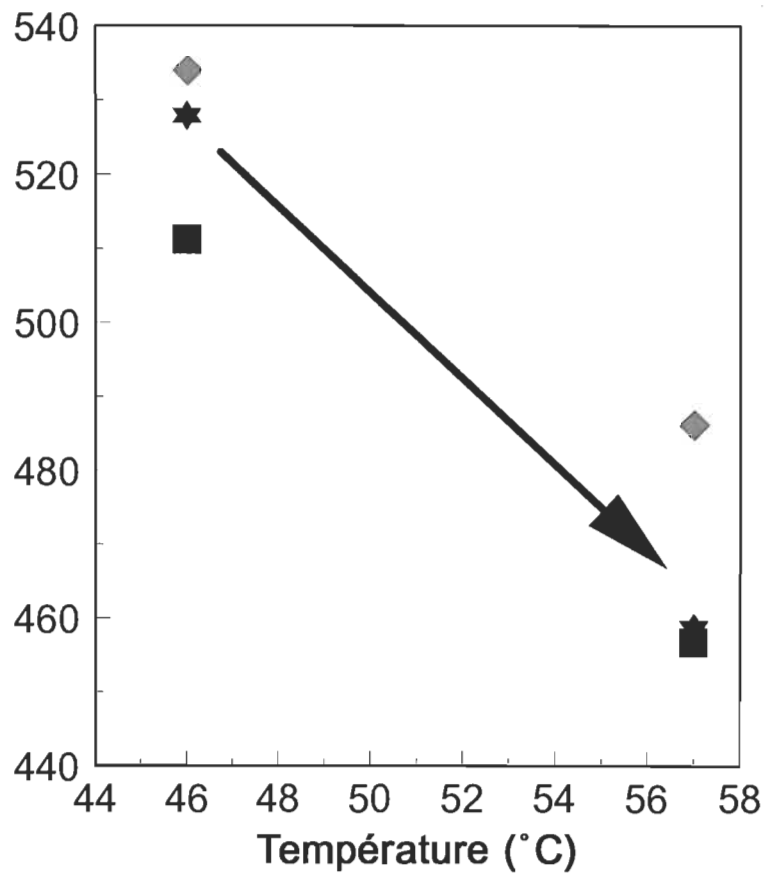


FIGURE 7.3 Périmètre moyen d'un point en μm
Imprimés commerciaux

Forme moyenne d'un point blanc

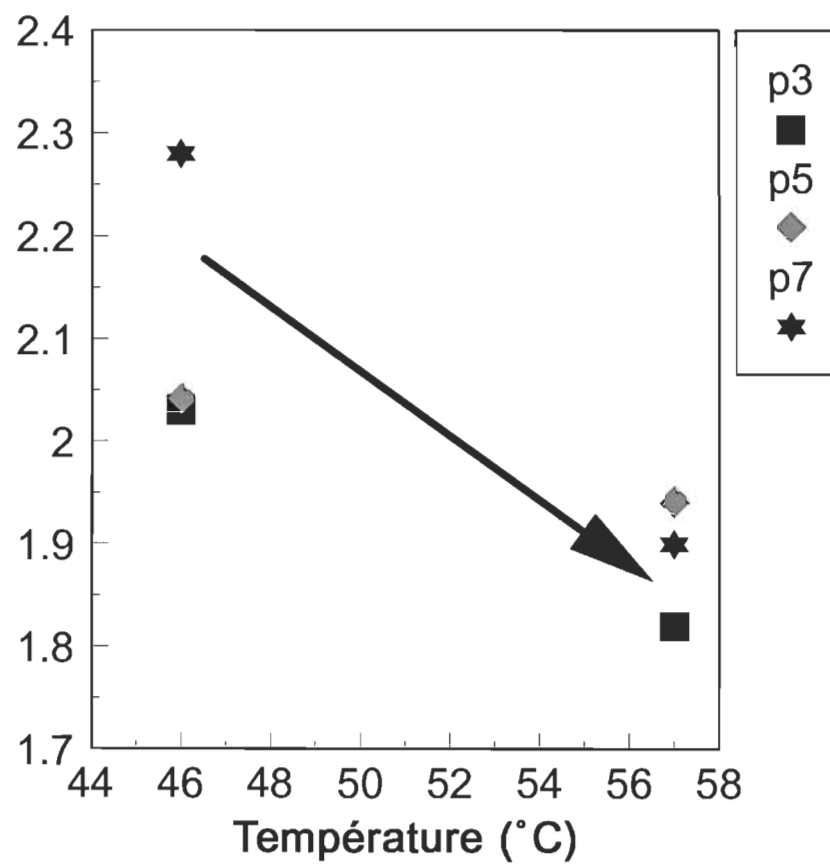


FIGURE 7.4 Forme moyenne d'un point
Imprimés commerciaux

Cette tendance à l'étalement se justifie par la diminution de la viscosité de l'encre lorsque la température (Chapitre II). L'encre étant plus fluide, elle se répand davantage sur le papier.

Des mesures densitométriques ont été effectuées sur toutes les pages du dépliant (Tableau 7.1). Elles indiquent que les conclusions ne sont pas toujours aussi simple que ce que laisserait supposer l'analyse des trois plages précédentes. En effet, suivant les pages, la densité est parfois plus élevée à forte température et parfois plus élevée à faible température. Toutefois, pour les trois pages où l'analyse d'images est possible, les résultats concordent. A forte température, la densité est élevée et le pourcentage de couverture également. Par contre pour les autres pages, où il n'y a pas de tramé mesurable à l'analyseur d'images, la densité et la température ne varient pas toujours dans la même direction. Les couleurs des différentes pages ne sont pas les mêmes. Il est possible que les réglages des différents groupes imprimants soient différents. Ceci expliquerait les fluctuations de densité mais, empêcherait de tirer des conclusions au niveau de l'influence de la température.

Il reste beaucoup d'imprecision sur les conditions d'opérations de la presse commerciale. Les ouvertures des encriers sont certainement différentes pour les deux températures, les imprimés ayant du être réalisés à des instants différés. Durant cette période un certain nombre de facteurs ont pu être modifiés entraînant des changements sur l'imprimé.

Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'un contrôle de la presse et en particulier de système comme Thermotract régulant la température. Il aurait été intéressant de comparer les imprimés obtenus à différentes températures du système, à des imprimés obtenus sans l'aide du système de contrôle de la température. Les impératifs de la production ont empêché cette réalisation.

A une température fixe, toute chose étant égale par ailleurs, correspond un certain pourcentage de couverture, surface, périmètre, forme de point. Lorsque la température varie (absence de contrôle) les valeurs de ces caractéristiques fluctuent.

Les incertitudes entourant les conditions d'impression commerciale ont justifié une étude en laboratoire où les paramètres peuvent être mieux contrôlés.

TABLEAU 7.1 Mesures densitométriques (Filtre du noir)
Imprimés commerciaux

Page	Lieu	46° C Densité	si $D_{46^{\circ}C} > D_{57^{\circ}C}$ + si $D_{46^{\circ}C} = D_{57^{\circ}C}$ = si $D_{46^{\circ}C} < D_{57^{\circ}C}$ -	57° C Densité	si $D_{57^{\circ}C} > D_{46^{\circ}C}$ + si $D_{57^{\circ}C} = D_{46^{\circ}C}$ = si $D_{57^{\circ}C} < D_{46^{\circ}C}$ -
1	Milieu	1.78	+	1.63	-
2	Haut	1.68	-	1.75	+
3	Plan	0.89	-	0.94	+
	Aplat Noir	1.80	=	1.8	=
4	Haut	1.70	=	1.7	=
5	Plan	0.89	-	0.91	+
	Aplat Bleu	1.47	-	1.55	+
6	Bas	1.83	+	1.7	-
7	Plan	0.95	-	1.00	+
	Aplat Vert	1.50	+	1.42	-
8	Aplat	1.69	+	1.65	-
	Tramé	1.21	+	1.03	-

7.2 Essai de laboratoire

Les échantillons imprimés sur la "Prüfbau multipurpose printability tester" ont été mesurés à l'analyseur d'images.

Les résultats obtenus sont regroupés sur les Figures 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9. Afin de confirmer les constations effectuées sur les courbes, une étude statistique a été effectuée sur les valeurs expérimentales. En considérant le plan d'expérience comme un plan factoriel 2^2 , le traitement des données permet de déterminer les facteurs importants de ceux qui ne le sont pas (Tableaux 7.2, 7.3).

% couverture d'encre:

Les différentes courbes papier et température sont très proches les unes des autres. Aucun effet ne semble se dégager dû au papier ou à la température. L'analyse statistique confirme cette constatation. Ni le papier, ni la température est un facteur significatif (coefficients trop faibles).

Courbe d'engraissement:

Cette courbe reprend les mêmes valeurs que celles du graphe précédent. Elle met en évidence le point SCA-30°-35 % qui a une valeur élevée.

Surface moyenne d'un point:

Les courbes sont très proches les unes des autres et se recoupent.

Périmètre moyen d'un point:

Une fois encore les valeurs ne changent pas beaucoup avec la température ou le papier. Toutefois pour les points de 35%, l'écart entre les valeurs est plus important que pour les autres pourcentages théoriques. Pour le SCA, la température augmente le périmètre du point. Par contre, pour le LWC, la température diminue le périmètre. Le SCA est plus lisse que le LWC (rugosité PPS moins élevée, Chapitre 6). L'encre a donc plus tendance à s'étaler sur le SCA. L'encre se propage plus dans le plan xy qu'en profondeur z, comparativement au LWC.

Facteur de forme moyen d'un point:

Le résultat est net sur ces courbes. Quel que soit le papier, LWC ou SCA, lorsque la température augmente, le facteur de forme augmente. Il y a, donc, détérioration du

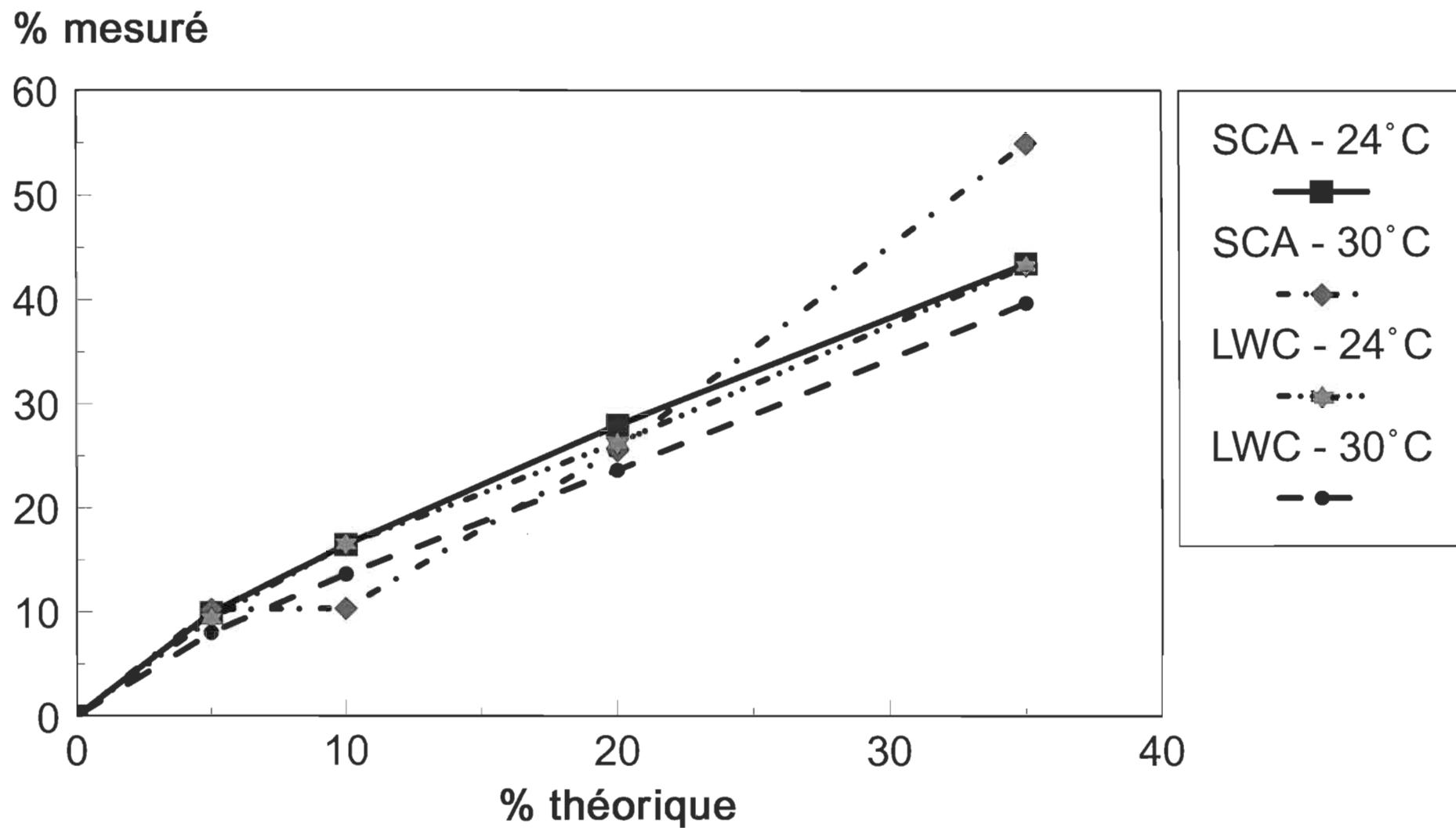


FIGURE 7.5 % couverture d'encre - Imprimés laboratoire

% mesuré-%théorique

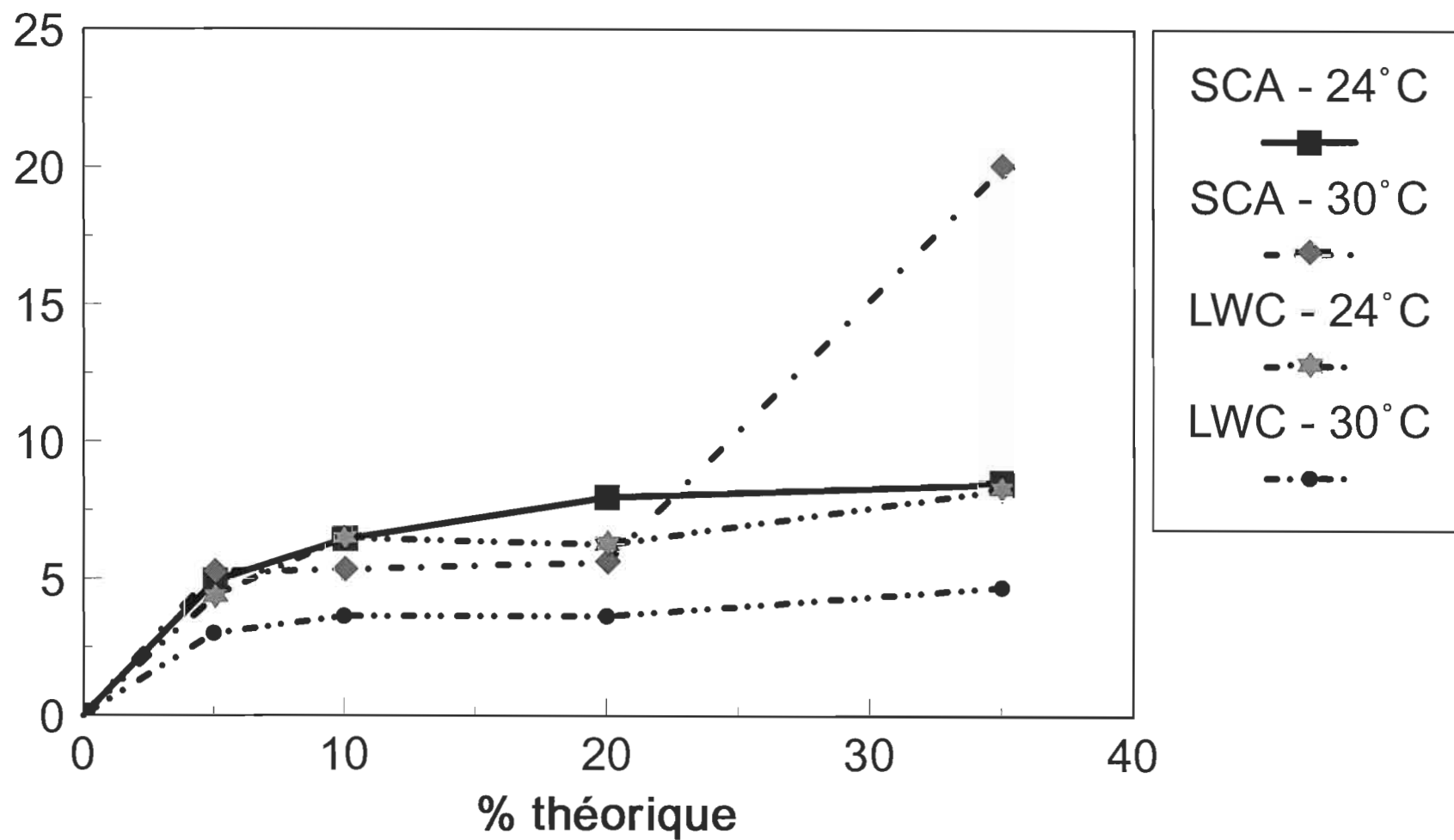


FIGURE 7.6

Courbe d'engraissement - Imprimés laboratoire

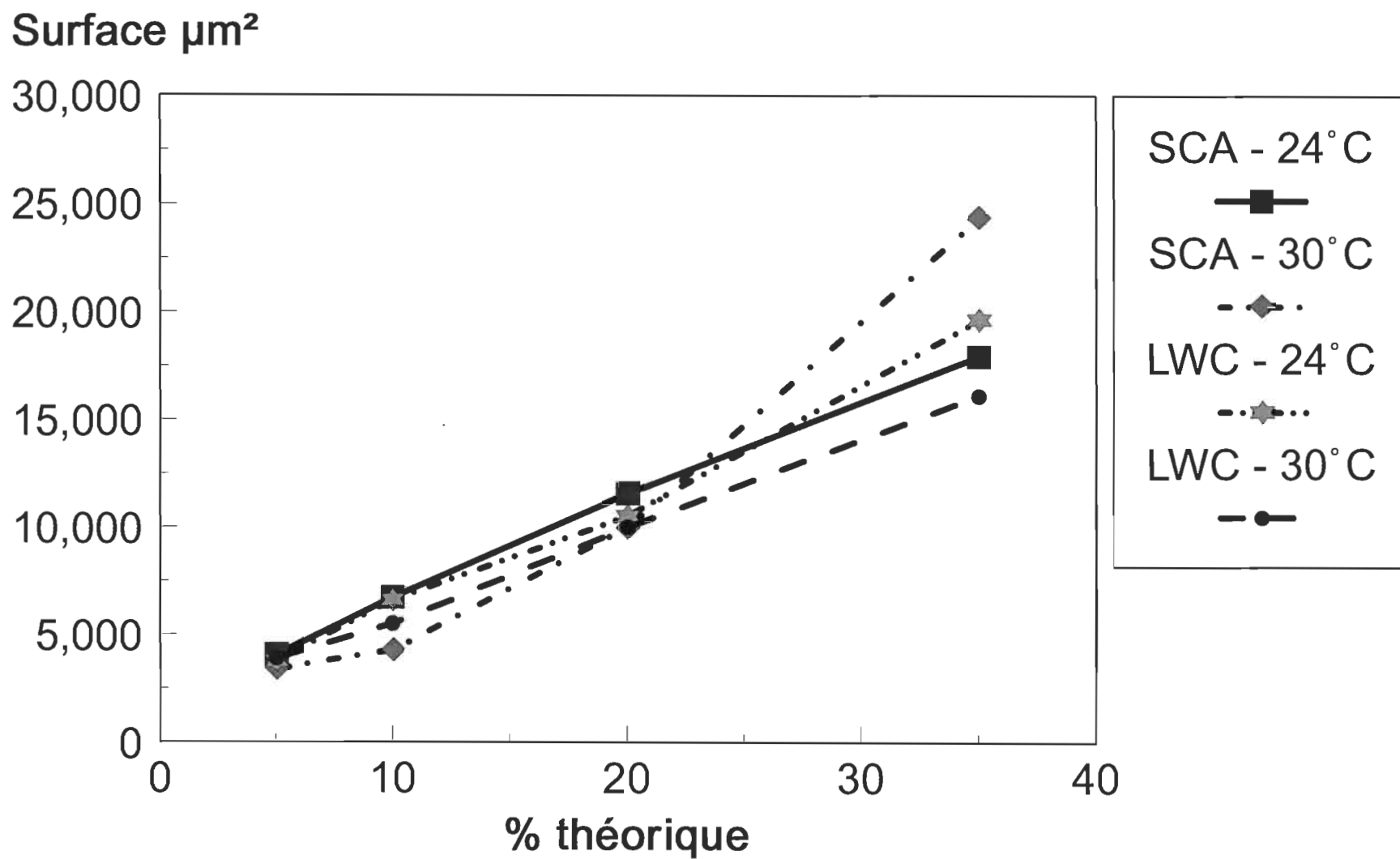


FIGURE 7.7

Surface moyenne d'un point en μm^2 - Imprimés laboratoire

Périmètre μm

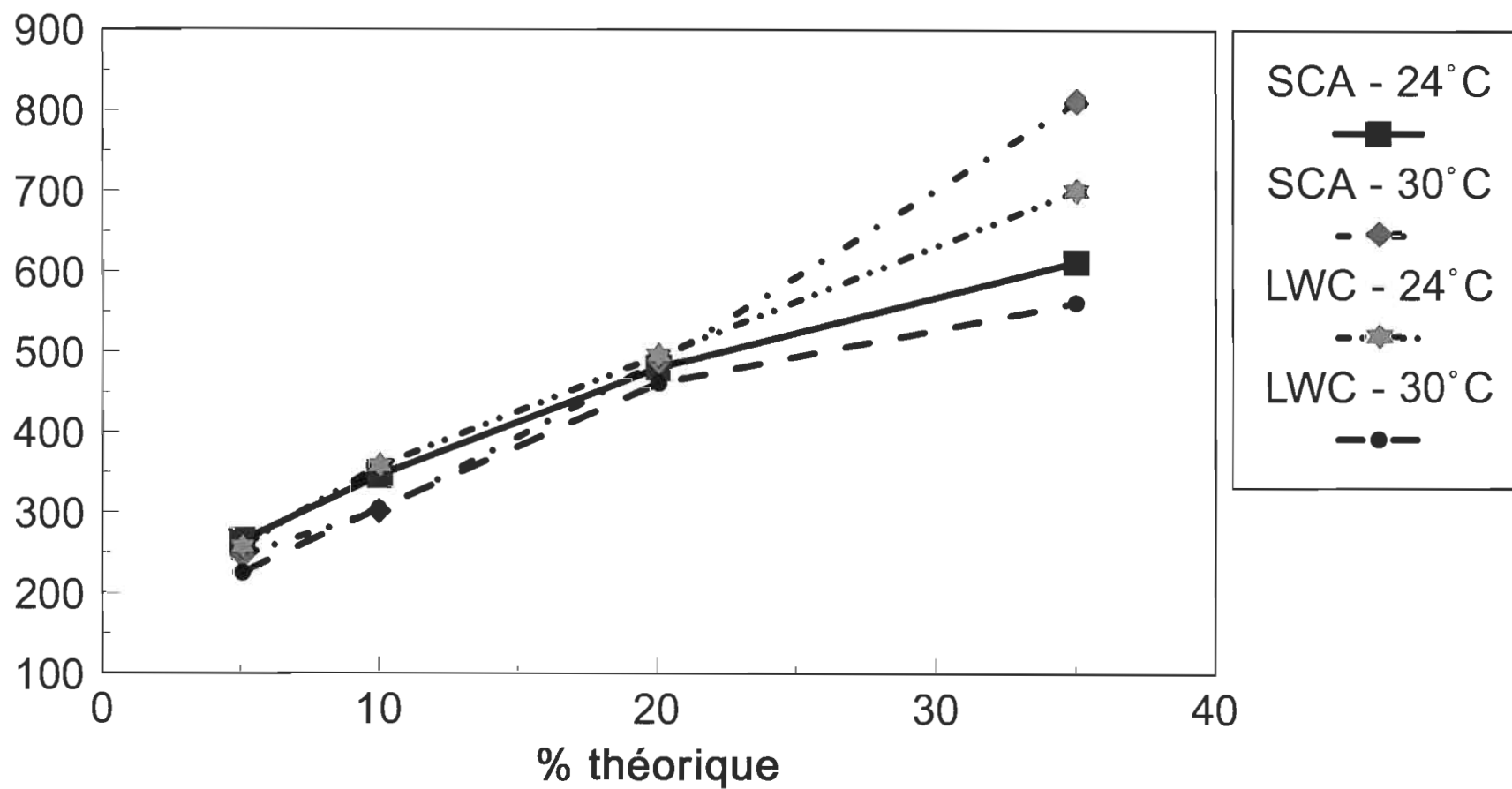


FIGURE 7.8

Périmètre moyen d'un point en μm - Imprimés laboratoire

Forme

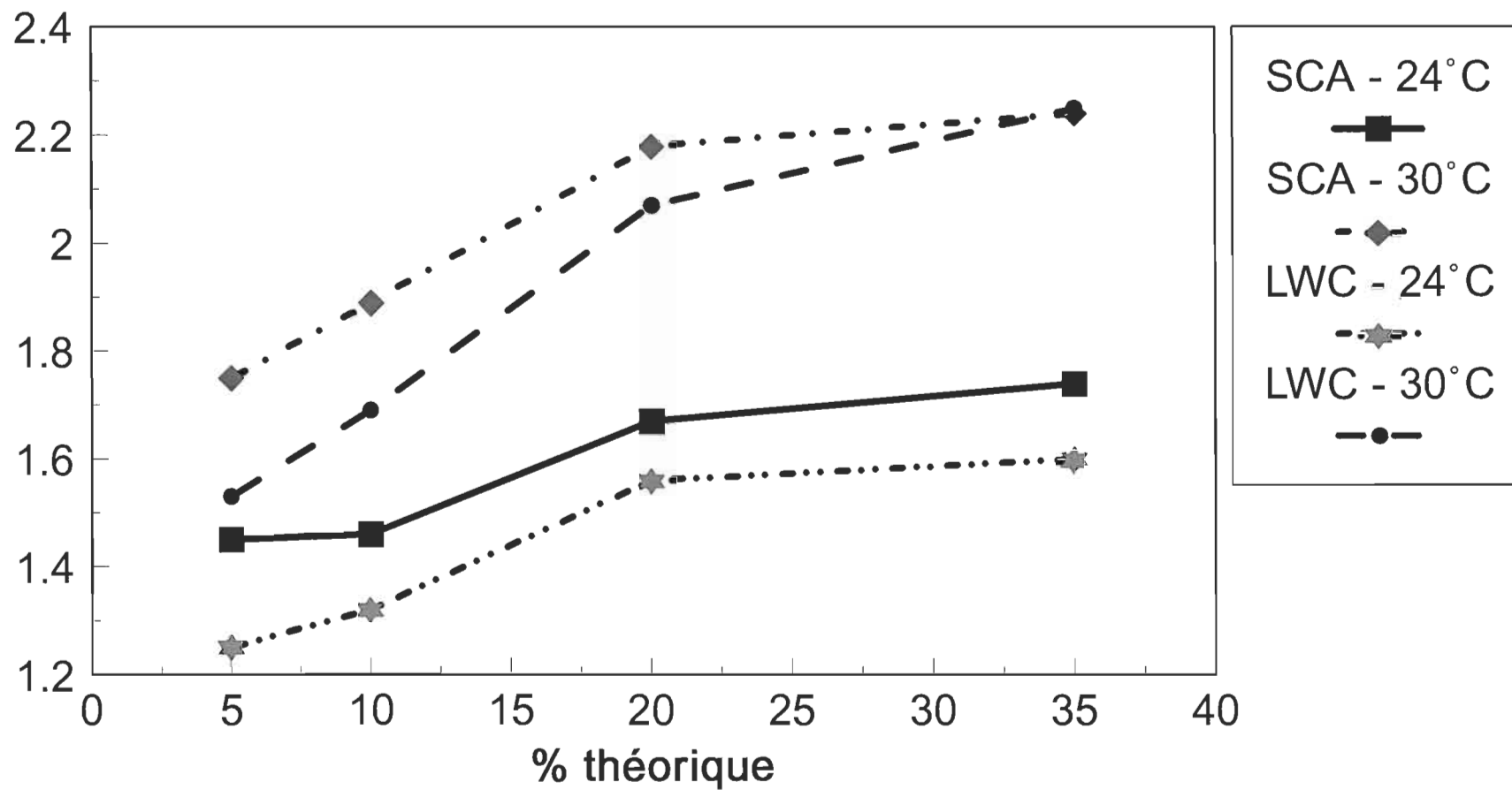


FIGURE 7.9

Forme moyenne d'un point - Imprimés laboratoire

Niveau de gris moyen des points

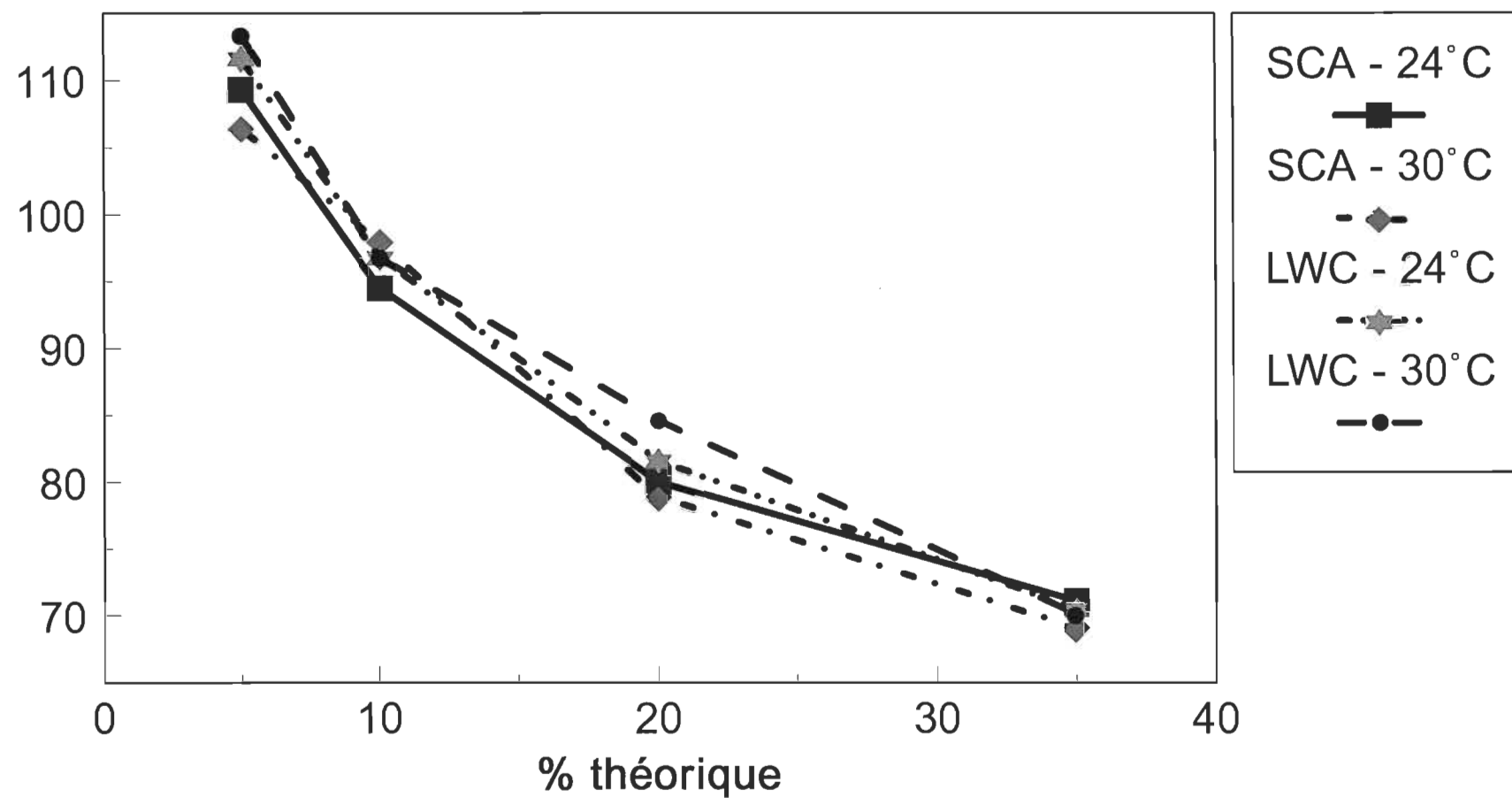


FIGURE 7.10 Niveau de gris moyen des points- Imprimés laboratoire

TABLEAU 7.2 Analyse statistique du facteur de forme**Forme**

	5%		10%		20%	
FACTOR	COEF	P(2 TAIL)	COEF	P(2 TAIL)	COEF	P(2 TAIL)
Intercept	1.537	0.0000	1.621	0.0000	1.919	0.0000
Température	0.128	0.0055	0.188	0.0036	0.271	0.0011
Papier	0.067	0.1009	0.056	0.2956	0.006	0.9269
AB	0.022	0.5723	0.026	0.6214	-0.016	0.8036
R Square	0.659		0.653		0.704	
Adj R Sq	0.530		0.523		0.594	
Std Error	0.129		0.176		0.215	
F	5.142		5.021		6.357	
SIG F	0.029		0.030		0.016	

TABLEAU 7.3 Analyse statistique du % de couverture**% couverture**

	5%		10%		20%	
FACTOR	COEF	P(2 TAIL)	COEF	P(2 TAIL)	COEF	P(2 TAIL)
Intercept	9.033	0.0000	13.900	0.0000	25.125	0.0000
Temp	0.083	0.9418	-1.917	0.0323	-0.508	0.7588
Papier	1.033	0.3740	-0.517	0.5227	1.658	0.3264
AB	0.083	0.9418	-1.133	0.1754	-0.675	0.6839
R Square	0.098		0.516		0.142	
Adj R Sq	-0.240		0.335		-0.179	
Std Error	3.863		2.711		5.593	
F	0.290		2.845		0.443	
SIG F	0.832		0.105		0.729	

point avec la température.

L'analyse statistique du facteur de forme (Tableau 7.2) confirme ces résultats en donnant comme facteur significatif la température quel que soit le pourcentage de couverture.

Il est à noter qu'à 5% de couverture, le papier est également un facteur significatif, alors qu'il ne l'est pas à plus fort pourcentage de couverture. Lorsque les points sont petits, les caractéristiques du papier ont une influence sur leur forme. Les points de trame stochastiques (petits points) seraient donc influencés par la structure du papier. Les petits points sont responsables des effets de bruit, "graininess" de l'image en stochastique. Il est donc important qu'ils soient bien reproduits.

Par contre les analyses statistiques des autres mesures (surface, périmètre) ne donnent pas de facteur significatifs pour la température et le papier.

Il est à noter que l'écart de température n'est que de 7°C pour l'essai en laboratoire, alors qu'il est de 20°C pour l'essai commercial. Cet écart explique que la température influence tous les facteurs étudiés (% couverture, surface, périmètre, forme du point) dans le cas de l'essai commercial, et pas dans celui en laboratoire.

La surface et le périmètre moyens d'un point sont peu affectés par la température lors de l'essai en laboratoire. Par contre, le facteur de forme qui est une combinaison de périmètre et surface individuels est fortement modifié. Cela ne peut s'expliquer que par la plus grande distribution de la taille des points. Effectivement, les écarts-type sur la surface et le périmètre sont plus élevés à haute température. A faible température, les points sont beaucoup plus uniformes entre eux. A haute température, il y a plus de points à petite surface, grand périmètre, ce qui donne un facteur de forme élevé.

A haute température, non seulement le point est distordu, mais de plus la répartition des tailles est plus dispersée.

Niveau de gris moyen des points:

Cette valeur permet d'apprécier l'épaisseur de la couche d'encre transférée sur le papier. Pour le SCA, le point est plus noir à 24°C. Par ailleurs, pour le SCA, la température augmente le périmètre. A haute température, l'encre s'est répandue dans toutes les directions non-uniformément, au dépend de la densité d'impression.

TABLEAU 7.4 **Répétabilité de l'essai Prüfbau****% de couverture**

	D10	D11	D12	Moyenne	Ecart-type	Coef Var
5%	9.5	10.4	9.8	9.90	0.46	4.63
10%	15.8	17.1	16.4	16.43	0.65	3.96
20%	25.7	28.8	29.4	27.97	1.99	7.10
35%	40.3	45.2	44.9	43.47	2.75	6.32

Surface moyenne d'un point en μm^2

	D10	D11	D12	Moyenne	Ecart-type	Coef Var
5%	3910.1	4215.78	4005.58	4044	156.39	3.87
10%	6427.59	7075.2	6719	6741	324.34	4.81
20%	10547.37	11986.66	12109.57	11548	868.63	7.52
35%	16701.98	18616.95	18529.04	17949	1081.12	6.02

Périmètre moyen d'un point en μm

	D10	D11	D12	Moyenne	Ecart-type	Coef Var
5%	261.03	265.24	265.55	263.94	2.52	0.96
10%	344.68	347.36	345.42	345.82	1.38	0.40
20%	493.44	471.1	476.36	480.30	11.68	2.43
35%	659.93	586.24	595.29	613.82	40.19	6.55

Forme moyenne d'un point

	D10	D11	D12	Moyenne	Ecart-type	Coef Var
5%	1.49	1.39	1.48	1.45	0.06	3.79
10%	1.55	1.39	1.45	1.46	0.08	5.52
20%	1.98	1.51	1.52	1.67	0.27	16.08
35%	2.18	1.5	1.55	1.74	0.38	21.74

Chaque mesure est la moyenne de 600 points environ

D10, D11, D12 sont des échantillons.

Reproductibilité de l'essai de laboratoire développé

Le tableau 7.4 donne les variations suivant des groupes d'échantillons des mesures de l'analyse d'images. Les coefficients de variation obtenus sont faibles, inférieurs à 8%. Ce qui montre une très bonne répétabilité de la méthode. Ces valeurs concernent un papier à une température. La même étude pour les autres papiers et les autres températures donne des résultats légèrement moins bons. Néanmoins, le coefficient de variation des mesures ne dépasse pas 15%.

Pour l'essai en laboratoire, seul le facteur de forme voit une influence très significative de la température sur les variations de ses valeurs.

CHAPITRE VIII

CONCLUSIONS

Ce travail de maîtrise a permis de développer des techniques et d'obtenir des résultats sur un phénomène.

Une méthode d'impression offset en laboratoire a été développée. Cette méthode s'est révélée efficace pour imprimer des points de trame de différentes dimensions. La répétabilité du test est très bonne, ce qui assure sa fiabilité. De nombreux phénomènes peuvent être étudiés par son utilisation. Ainsi il est possible d'étudier les consommables du procédé offset comme la plaque, le blanchet, l'encre, le papier... qui sont changeables par la méthode. Par ailleurs les facteurs d'impression, comme la pression, la vitesse, la température sont également variables et contrôlables.

D'autre part un analyseur d'images a été mis en fonction. Il a été calibré, des programmes ont été écrits pour mesurer des imprimés et des méthodes de mesures mises au point. En particulier les caractéristiques des points de trame sont quantifiables afin d'évaluer la qualité de leur reproduction.

Le sujet de l'étude concerne l'influence de la température sur la qualité d'impression. Les mesures d'essais commerciaux et en laboratoire ont quantifié cette influence. Il en ressort que l'influence majeure de la température se situe au niveau du facteur de forme du point de trame donc de sa circularité. Lorsque la température augmente, la viscosité de l'encre diminue, la solution de mouillage s'évapore plus rapidement, les matériaux des rouleaux (plaque, blanchet, encres) se déforment. Ces phénomènes entraînent une déformation plus prononcée du point de trame quel que soit sa taille originale. L'encre s'étale alors dans toutes les directions au détriment de la densité d'impression.

Par ailleurs, le papier a un effet sur les petits points de trame, ce qui va influencer les divers types de bruit d'une image imprimée en tramé stochastique.

Afin d'approfondir cette étude sur l'influence de la température sur la presse offset, il serait intéressant de réaliser de nouveaux tests sur une presse commerciale. Cette presse devrait être équipée d'un système de régulation de température afin d'imprimer sans contrôle thermique et avec contrôle thermique à différentes températures. Il est primordial de maintenir les autres facteurs constants. Cette étude permettrait de déterminer une température optimum de roulage. Si la température est trop faible au départ, les échauffements de la presse vont augmenter la température et il n'y aura pas de stabilité. Si la température est trop forte, le point se déforme, la densité diminue, la qualité d'impression diminue. Un compromis doit être trouvé.

A l'heure actuelle, les rares presses offset disposant de réglage de température ne contrôlent pas vraiment cette température puisqu'il n'existe pas de boucle de retour sur la mesure. La température est fixée au départ et est mesurée pendant le tirage. Elle peut être modifiée par l'opérateur. L'idéal serait que la température de consigne soit modifiée automatiquement en fonction de la mesure par une simple boucle. Ce contrôle combiné au réglage à la température optimum permettrait d'imprimer à une qualité optimale et de s'y maintenir.

CHAPITRE IX BIBLIOGRAPHIE

Influence de la température sur l'impression offset

1. Dolezalek F., "Print Properties Tests in Europe", presented at Spectrum'85, Graphic Communications Association, Arlington, Virginia (sept 1985).
2. Blom B.E., "Rheological Properties of Paste Inks and the Effect on Press Performance", American Ink Maker Vol 63 n° 12, pp 40-41.
3. Blayo-Le Moal A., "Étude des propriétés rhéologiques d'encre d'imprimerie", Thèse de doctorat, INPG France (1994).
4. Sirost J. -C., "La rhéologie de l'encre lors de l'impression", Revue IG, n° 383 pp 37-41 (mars 1990).
5. Page M., "Of the Variables Affecting Successful Screen Printing, Ink Viscosity is Among the Most Important", American Ink Maker, pp 44-56 (Dec 1989).
6. Eyring H., Journal of Chemical Physics, vol 3, p 107 (1935).
7. Williams M.L., Landel R.F., Ferry J.D., Journal of the American Chemical Society, vol 77, p 3701 (1955).
8. Bestul A.B., Belcher M.V., "Temperature Coefficients of Non Newtonian Viscosity at Fixed Shearing Stress and at Fixed Rate of Shear" Journal of Applied Physics, vol 24, p696, (1953).
9. Doolittle A. K., Journal of Applied Physics, "Studies in Newtonian Flow II- the Dependence of the Viscosity of Liquids on Free-Space", vol 22, p1471, (1951).
10. Wirz B., " Technical Construction of the Ink Unit Temperature Control and its Influence on the Printing Process", TAGA Proceedings, pp184-197 (1980).

11. Bolanca S., Golubovic A., Turkalj D., "Zusammenhang zwischen Temperatur, Viskosität und Farbübertragung im Druckprozeß", *Papier und Druck* 37 - 8, pp 369-372 (1988).
12. Mochizuki S., "Estimation of Waterless Offset Printing Plate Surface Temperature", *TAGA Proceedings*, pp 473-482 (1982).
13. Mangin P.J., Aspler J.S., De Grâce J.H., "A Papermaker's Approach to the Analysis of Paper Printing Characteristics", *TAGA Proceedings*, pp 359-391 (1985).
14. "Ink Unit Temperature Control a Major Step Forward Uniform Printing", *Graphic Arts Monthly*, pp 44-48 (janvier 1979).
15. Conrad-Reclam H., "Die Farbwerktemperierung an Rollenoffsetmaschinen als prozessstabilisierender Faktor", *Fachefte* 4-83, pp 187-192 (1983).
16. "Staying Cool", *Printing World*, Vol 218, n°8 (25 février 1987).
17. Ono H., "L'impression par offset sec", *L'évènement Caractère*, pp 270-273, (1989).
18. Vergès S., "À sec ou à l'eau ?", *Caractère* n°372, pp 30-32 (janv 1994).
19. Zabkiewicz L., "Waterless Printing Technology", *TAGA student chapter publication*, Cal Poly State University, pp 2-9 (1994).
20. Köbler I., "La presse offset se met au vert", *Caractère* n°398, pp 32-34 (28 février 1995).
21. Littleton J., "Thermal Control of Impression in Offset Presses", *TAGA Proceedings*, pp 400-413 (1993).
22. Smith S., "Benefits of Thermal Offset Press Control", *TAGA student chapter publication*, Wisconsin University, pp 19-20 (1994).
23. Traber K., Has M., Dolezalek F., "Heat Balance in Web Offset Printing Units" *IARIGAI's 22nd International Research Conference in Munich, Germany*, (1993).
24. Traber K., Has M., Dolezalek F., "Die Wärmebilanz der Farbwerke von Hochgeschwindigkeitsrotationen", *FOGRA - Forschungsbericht Nr 3.268* (1992).

25. Traber K., "Die Abhängigkeit der Tonwertwiedergabe im Bogenoffset von den Oberflächentemperaturen in der Maschine", Abschlußbericht AiF 8560, (1993).
26. " Pocket Pal " A graphic arts production handbook International Paper, Mike Bruno, fifteenth edition, 234 pages (1992)
27. Durchon P., " Les applications nouvelles des procédés d'impression ", Editions du Moniteur, Paris, France (1989)

Analyse d'image - Détermination du seuil

28. Lyne M.B., Jordan B. D., "Image Analysis Applied to Print Quality", Tappi Journal, 62 (12), pp 95-96 (1979)
29. Gartaganis P.A., Heintze H. U., Gordon R. W., " From Printograph to Videoscanner", Tappi Journal, 59 (12), pp 113-117 (1976)
30. Heintze H. U., Gordon R. W., "Reliability of Videoscanner Measurement of Gravure Speckle on Coated Board", Tappi Journal, 63 (9), pp 125-128 (1980)
31. Miyamoto S., Tajima Y., "Image Processing Evaluation of Printing Quality", Japan Tappi, 42 (1), pp 86-94 (1988)
32. Collins N. J., Rosson A. J., "Image Analysis in Printability Testing", APPITA, 41 (6), pp 475-479 (1988)
33. Pugliesi D., Calabro G., "Video Analyser in the Objective Evaluation of Print Quality", Proceedings EUCEPA Conference, Budapest IV-37, pp 1-30 (octobre 1982)
34. Sayegh N. N., "Measurement of Toner Density in Xerography", PPR 1114, Paprican, Pointe-Claire (octobre 1994)
35. Niemi K. P., "Image Analysis of Halftone Dots (Offset)", Proceedings of the 2nd European Research Symposium Image Analysis for pulp and paper research and production, Darmstadt, pp 113-120 (2-3 septembre 1993)
36. Johansson P.-Å , " Image analysis for Quality Evaluation of Gravure Prints", Proceedings of the 17th International Conference of Printing Research

Institutes, Saltsjobaden, Sweden, pp 268-277 (janv 1983)

37. Berli E. L., Hansen Å, Moller K., Foyn B., "Print Evaluation by Subjective Comparison and Image Analysis", Proceedings International Printing and Graphic Arts Conference TAPPI/CPPA, Pittsburgh, pp 125-139 (oct 1992)
38. Foyn B. H., Berli E. L., "Print Quality Analysis of Offset Printing Using Image Analysis", Proceedings of the 2nd European Research Symposium Image Analysis for pulp and paper research and production, Darmstadt, pp 144-159 (2-3 sept 1993)
39. Yule J. A. C., Neilsen W. J., "The Penetration of Light into Paper and its Effect on hHalf-tone Reproduction", TAGA Proceedings p 65 (1951)
40. Visilog 4, Reference Guide, Tutorial on image processing, Noesis, 190 pages (oct 1992)
41. Judd, Wyszecki, "Color in Business, Science and Industry", John Wiley & Sons NY, pp 292-313 (1975)

Analyse d'image - Qualité d'impression

42. Praast H., Gottsching L., "Analyse und Ursachen von Missing Dots im Tiefdruck", Das Papier Heft 1 pp 12-19 (1993).
43. "Image Analysis", Paper, pp 38-40-41 (septembre 93).
44. Malmqvist K., Busk H., Bergman L., Malmqvist L., "The 3-colour CCD Camera as a Densitometer for Measuring Density of Cyan, Magenta and Yellow in Printed Solid Areas and in Screen Areas", 22nd International Conference of Printing Research Institutes Munich (septembre 1993).
45. Praast H., "Analysis of Missing Dots", 2nd European research symposium Darmstadt, pp 113-120, (septembre 1993).
46. Johansson P., "Band-Pass Image Analysis as a Tool for Print Mottle Evaluation", 2nd European Research Symposium Image Analysis for pulp and paper research and production, Darmstadt, pp 135-143 (2-3 septembre 1993).
47. Safadi L., "Predicting Printability through Image Analysis". EUCEPA Symposium Budapest, pp 100-143 (octobre 92).

48. Papp J., Chareza C., Praast H., Renner K., Götttsching L., "Formation von graphischen Papieren und Gleichmassigkeit der Druckbildwiedergabe", EUCEPA Symposium Budapest, pp 77-99 (octobre 92).
49. Johansson P-Å, Ramaz A., "Use of Image Analysis in the Paper Industry", EUCEPA Symposium Budapest (octobre 92).
50. Lee D., Winslow A., Bares S., "Ink Jet Image Quality of Plain Papers", TAPPI Proceedings 1992 International Printing & Graphic Arts Conference, pp 233-249.
51. Kajanto I., Niemi K., "Measurement of Print Unevenness with an Image Analyser", Paper and Timber (73), pp 770-772 (1991).
52. Visa A., Langinma A., "A Texture Based Approach to Evaluate Solid Print Quality", IARIGAI Pittsburgh, pp 168-173 (mai 1991).
53. Chareza C., Götttsching L., "Characterizing the Uniformity of Halftones in Gravure Printing Using Image Analysis", Das Papier Vol 44 N 10A, V63-V74 (1990).
54. Chareza C., Götttsching L., "Analyse optischer Oberflächeneigenschaften bedruckter und unbedruckter Papier mit Bildanalysator Teil I : Periodische und stochastique Grauwertschwankungen", Das Papier Vol 44 n°5, pp 185- 194 (1990).
55. Chareza C., Götttsching L., "Analyse optischer Oberflächeneigenschaften bedruckter und unbedruckter Papier mit Bildanalysator Teil II : Signalanalytische Methoden zur Kennzeichnung von Raster und Voltonflächen", Das Papier Vol 44 n°7, pp 348-361 (1990).
56. Kajanto I., "The Effect of Formation on Absolute Print Unevenness in Offset Printing", Paper and Timber 8, pp 933-944 (1989).
57. Nguyen N., Jordan B., "Overview of Texture Analysis of Print and Paper", Paper and Timber 8, pp 933-944 (janvier 1988).
58. Leskinen A., Nieminen S., "Evaluation Unevenness in 4-color Offset Printing with an Image Analyser", Printing & Graphics Arts (1986).
59. "Image Analysis : Principles & Practice", Joyce-Loebl a Vickers company, 250 pages (1985).

ANNEXE I

HOW TO USE IMAGE ANALYSIS TO EVALUATE PRINT QUALITY

Poster
Technical Association
of the Graphic Arts (TAGA)
Orlando
April 1-4, 1995

How to use image analysis to evaluate print quality

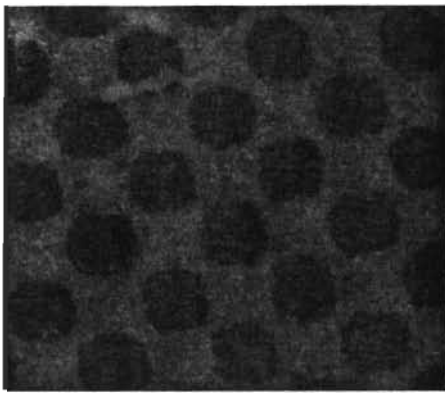
Christine BARRATTE, Student MSc. Université du Québec à Trois-Rivières.
Master's Project : Thermal control of offset printing press : its effect on print
quality.
Supervisors : Patrice J. Mangin, Paprican, Associate Professor UQTR.
Jacques L. Valade, Professor UQTR.

Threshold determination

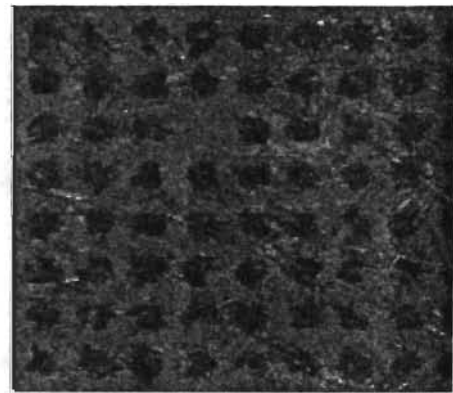
Prior to the threshold determination, the calibration must be performed properly to ensure reproducibility of the results. Threshold determination is the second most important step in image analysis. This procedure must be automatic to avoid any subjectivity.

Usually, the histogram of grey levels shows clearly the contributions of paper and ink. The threshold is then easily determined.

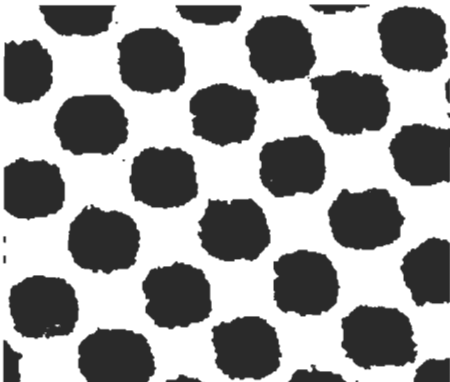
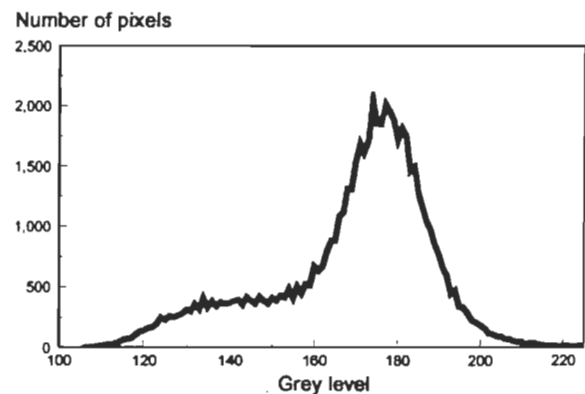
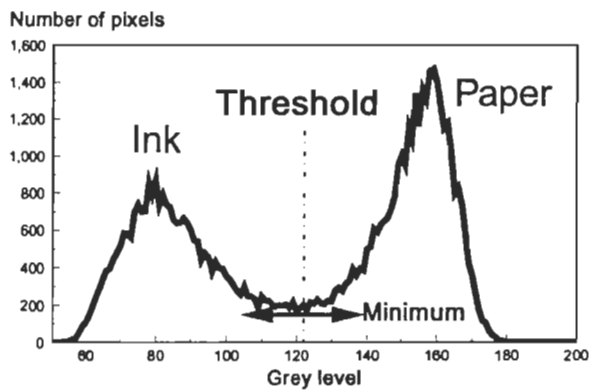
However, in some cases, the individual contributions are not so well defined, requiring a different technique to locate the threshold.



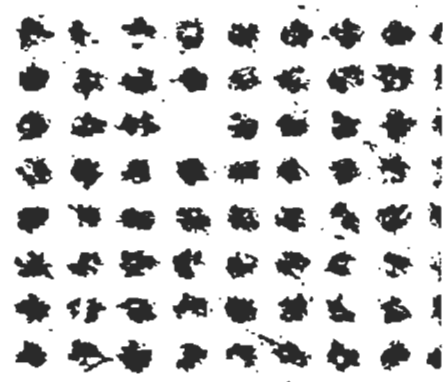
Offset print



Gravure print

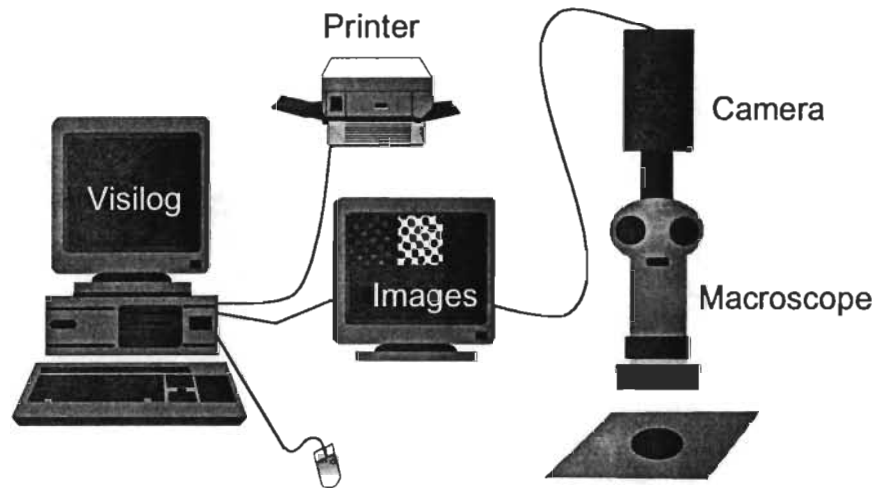


Binary image (offset)

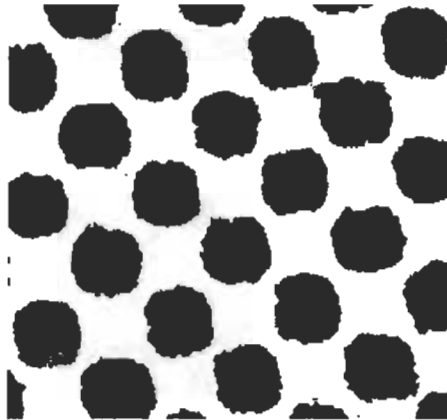


Binary image (gravure)

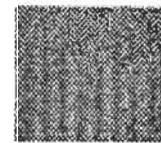
Image analyser



Analysis of printed dots



Labelled image (offset)



Offset print sample

After thresholding, the image can be labelled (each dot has a different color) and then analysed.

Several parameters are measured to quantify print quality :

on the total image :

- number of dots
- grey level
- % coverage
- dot gain
- histogram of dots diameter

on the individual dots :

- diameter (D)
- area (A)
- perimeter (P)
- shape ($P^2/4\pi A$) (perfect circle = 1)

Others factors can be measured, such as :

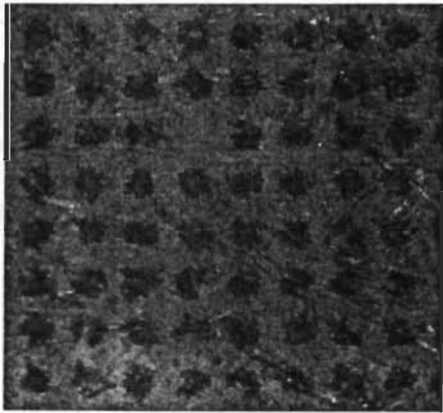
- grey level of individual dots
- print sharpness
- raggedness
- fractal dimension

...

Counting of missing dots in gravure

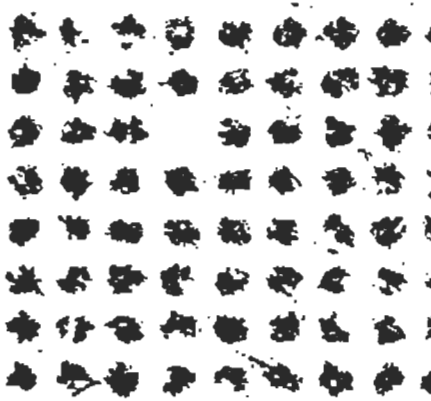
Gravure print quality can be evaluated by counting missing dots. This tedious task, currently done with the naked eye, can be automated with the image analyser.

Some modifications must be done from the primary image.



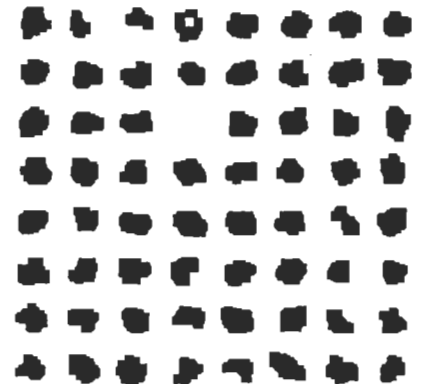
1- Primary image

First the dots are separated from the paper using proper threshold.



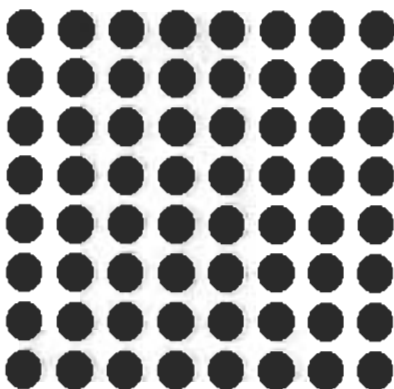
2- Binary image

Then the image is filtered, closed and opened to have well defined dots.



3- Filtered image

From image 3, the average distance between dot centers can be measured to construct the theoretical image.



4- Theoretical screen

Next the difference between the theoretical image and the real image can be done.



5- Logical difference 4-2-3

Finally an analysis of image 5 allows to count and extract the missing dot(s).



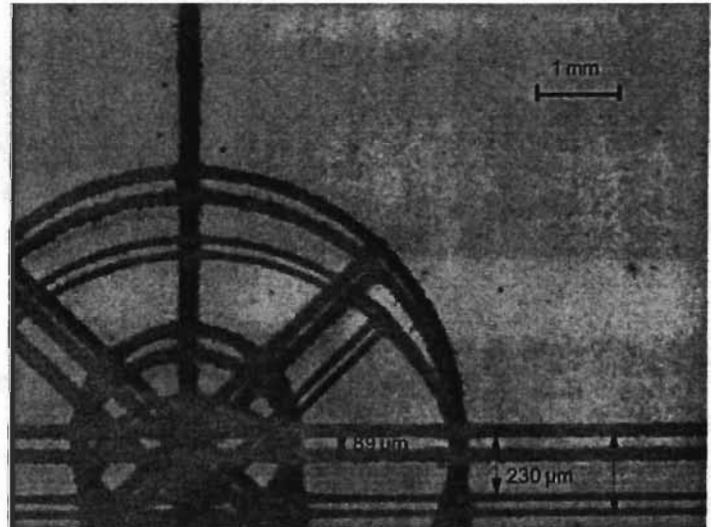
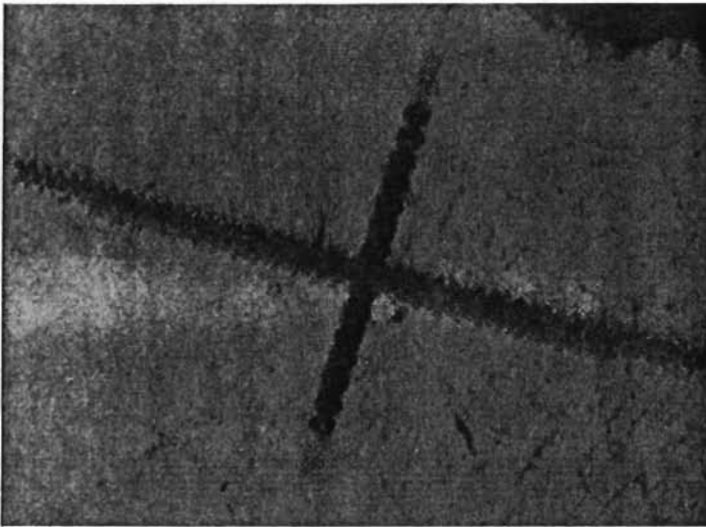
6- Visualisation of missing dot

Christine BARRATTE, Student MSc. Université du Québec à Trois-Rivières.
Master's Project : Thermal control of offset printing press : its effect on print quality.

Supervisors : Patrice J. Mangin, Paprican, Associate Professor UQTR.
 Jacques L. Valade, Professor UQTR.

Register

In multicolor printing, the different colors must be properly positioned to get a sharp image. The register is monitored with register marks printed in the margin of the print. The image analyser can be used to measure the distance between the different colors that must be superimposed to get perfect register.



Ongoing work

In offset printing, press temperature affects both print quality level and print quality variations. In this project, a thermal balance of the press will be calculated. Actual temperatures will be measured in strategic areas of the press under different conditions. Prints will be collected in the same conditions and print quality will be evaluated through image analysis to study the influence of the temperature on print quality.

ANNEXE II

A NEW LABORATORY TEST METHOD FOR OFFSET PRINTING

Conférence TAGA/IARIGAI**Paris, Hilton****17 - 19 septembre 1995****A New Laboratory Test Method for Offset Printing****C. Barratte¹, P.J. Mangin^{1,2}, J.E. Dalphond³, J.L. Valade¹**

- 1 UQTR (Université du Québec à Trois-Rivières)
 CP 500
 Trois-Rivières, Québec
 G9A 5H7 - CANADA
- 2 Now Stora Chair, KTH
- 3 Paprican (Pulp and Paper Research Institut of Canada)
 570, bld St Jean
 Pointe-Claire, Québec
 H9R 3J9 - CANADA

Abstract

A new method has been developed to duplicate offset printing on a laboratory scale using laboratory printing press. The Prüfbau multipurpose printability tester is used. A special plate and attachment has been designed to ink halftone dots on the inking system of the Prüfbau. The plate contains small squares (2x1 cm²) of 133 lpi or 100 lpi or 150 lpi screens in various percent increments (5%, 7%, 10%, 15%, 20%, 23%, 35%, 50%, 65%, 80%, 95% and 100 %). The time for plate dampening and inking, and the temperature of the plate cylinder are controlled. The inked cylinder is then used in its normal position in the first printing unit. The plate inks the blanket - on the blanket carrier - which then prints on the paper sample attached to a cylinder in the second printing unit. Dot quality is measured with image analysis. Reproducibility of prints was evaluate and found to be good. The method has been applied to evaluate, under well-controlled known printing conditions, the effect of temperature on dot rendering in offset. It is found that temperature has a larger effect on dot shape (dot circularity) than on dot area and dot

perimeter.

Résumé

Une nouvelle méthode de laboratoire a été développée pour reproduire l'impression offset. Elle utilise la Prüfbau multipurpose printability tester. Des molettes porte-plaque et des plaques offset ont été conçues pour imprimer des points de trame. La forme test de la plaque comporte des petits rectangles (2x1 cm²) de différents pourcentage de couverture (5%, 7%, 10%, 15%, 20%, 23%, 35%, 50%, 65%, 80%, 95%, and 100 %), trois linéatures sont disponibles. Les temps de mouillage et d'encrage de la plaque ainsi que la température sur la plaque sont contrôlés. La molette porte-plaque est ensuite placée dans sa position normale sur la première unité d'impression. La plaque encrène le blanchet situé sur un chariot qui ensuite imprime sur le papier placé autour d'un cylindre sur la deuxième unité d'impression. La qualité du point de trame a été mesurée avec un analyseur d'images. La reproductibilité du test a été évaluée. La méthode a été appliquée pour évaluer l'effet de la température sur le point de trame en offset. Il a été trouvé que la température avait une influence principalement sur la forme du point (circularité).

ANNEXE III

AN AUTOMATIC DETERMINATION OF THRESHOLD FOR THE IMAGE ANALYSIS OF PRINTS

Conférence TAGA/IARIGAI
Paris, Hilton
17 - 19 septembre 1995

An Automatic Determination of Threshold for the Image Analysis of Prints
C. Barratte¹, J.E. Dalphond³, P.J. Mangin^{1,2}, J.L. Valade¹

- 1 UQTR (Université du Québec à Trois-Rivières)**
CP 500
Trois-Rivières, Québec
G9A 5H7 - CANADA
- 2 Now Stora Chair, KTH**
- 3 Paprican (Pulp and Paper Research Institut of Canada)**
570, bld St Jean
Pointe-Claire, Québec
H9R 3J9 - CANADA

ABSTRACT :

Print quality evaluation using image analysis break up in several steps. One of these step is studied here : threshold determination between printed and unprinted areas. During image acquisition each optical density is converted in grey level, in a scale between 0 and 255. Some measures on the image (area, perimeter, shape factor of halftone dots...) need a binary image which differentiate the areas to be measured (printed dots) from white areas (paper). The threshold determination must be totally objective, because these measures depend on the threshold value used.

A review of the used methods was done. The most frequent method use grey level histogram of the image. Histogram of halftone screen is composed of two peaks, one for the printed area and one for the unprinted area. The minimum between these two peaks can determine the threshold value. However, this method can be apply only if the contrast between ink and paper is high. That's why a new method more efficient and totally automatic is proposed. First the primary image is smoothed out by a combinaison of erosion and dilatation. Then the contrast is highly increase, it's allow to obtain a first binary image. Next the primary image is binarized by successive thresholds. A second binary image is obtained at the same percent coverage with its threshold. The efficiency of this method is proved on several printed samples.

RÉSUMÉ :

L'évaluation de la qualité d'impression par analyse d'images se décompose en plusieurs

étapes. Nous nous intéressons ici à une étape fondamentale de ce processus, la détermination du seuil entre les zones imprimées et les zones non imprimées. Lors de l'acquisition de l'image, chaque densité optique de l'imprimé est traduite en niveau de gris (sur une échelle de 0 à 255). Certaines mesures sur l'image (surface, périmètre, forme des points de trame...) nécessitent ensuite une image binaire qui différencie les zones à mesurer (points imprimés), des zones blanches (papier). Sachant que ces mesures dépendent de la valeur de seuil utilisée, l'importance d'une détermination objective apparaît.

Une revue bibliographique des méthodes utilisées a été effectuée. La plus fréquemment employée utilise l'histogramme des niveaux de gris de l'image. Celui d'un tramé comporte deux pics, correspondant aux zones imprimées et aux zones non imprimées. Le minimum entre ces deux pics peut déterminer la valeur du seuil. Cependant, il a été constaté que cette méthode ne résolvait que les cas où le contraste entre l'encre et le papier est élevé. C'est pourquoi une nouvelle méthode plus efficace et entièrement automatique est proposée. Dans un premier temps, l'image originale est lissée par une combinaison d'érosions et de dilations. Son contraste est ensuite fortement augmenté, permettant ainsi d'obtenir une première image binaire. L'image originale est alors reprise et binarisée par seuils successifs. Cette deuxième image binaire, ayant le même pourcentage de couverture que la première est conservée ainsi que son seuil. Cette image présente alors l'avantage d'être très proche de l'image originale. L'efficacité de cette méthode à déterminer un seuil est démontrée sur différents imprimés.

ANNEXE IV

FACET ANGLE MAPPING OF TOPOGRAPHICAL IMAGES



PPR 1151

FACET ANGLE MAPPING OF PAPER TOPOGRAPHY

M.-C. Béland and C. Barratte / April 1995

This report is confidential to the Institute's sponsoring organizations. It is intended solely for representatives of these organizations and is not to be made available to others.

RÉSUMÉ

La microscopie confocale nous permet d'imager la topographie des surfaces de papier. Ces images topographiques sont codées de sorte que l'intensité d'un pixel représente la hauteur de la surface à cet endroit. Pour pouvoir approfondir l'interprétation de ces images, nous avons développé un programme d'analyse d'images qui évalue l'angle formé par la surface plutôt que la hauteur de celle-ci. La surface est divisée en facettes et l'angle formé par ces facettes avec un plan de référence horizontal peut alors être mesuré. Les facettes sont formées par des plans de régression sur une matrice de pixels. L'orientation des facettes dans l'espace a été ignorée et seulement l'angle entre une facette et un plan de référence horizontal a été mesuré. L'image des angles des facettes peut être générée et l'on peut également obtenir la distribution de ces angles pour une surface donnée.

Des cartes des angles de facettes ont été utilisées pour évaluer le changement d'angle lorsqu'une surface de papier est comprimée statiquement. Le pourcentage de surface présentant un angle faible pourrait aussi servir à prédire la qualité des points transférés en impression gravure. L'image des angles des facettes d'une surface de papier léger couché, imprimé en offset a été comparée à une image du brillant de cette même surface de papier. C'est la première fois qu'une correspondance directe entre l'angle topographique et le brillant est imagée et mesurée. Les images représentant les angles d'une surface pourraient faciliter l'analyse de la qualité d'impression et même servir à déterminer quelques facteurs critiques pour la fabrication du papier. Des cartes topographiques provenant d'autres systèmes tels que le microscope à force atomique peuvent aussi être analysées de cette façon.

FACET ANGLE MAPPING OF PAPER TOPOGRAPHY

M.-C. Béland and C. Barratte

ABSTRACT

The topography of paper surfaces can now be imaged using confocal microscopy. Topographical images are coded for height. An image analysis program was developed to analyze the topographical angle rather than the topographical height. The paper topography is divided into small facets, the angle of which can be measured. Facets were obtained by taking an array of pixels and calculating the regression plane of that array. For these initial investigations, the orientation of a given facet in space was ignored, only its angle with respect to a flat horizontal reference plane was measured. The facet angle image can be displayed and the distribution of angles for a given surface can be obtained.

Facet angle mapping was used to evaluate the changes in facet angle as paper is compressed statically. The percentage of area at lower angles could also serve to predict the quality of dots transferred in gravure printing. The facet angle map of a light weight coated paper printed in offset was obtained and compared to a gloss variation image taken of that same surface. For the first time to our knowledge, a direct correspondence between topographical angle and gloss can be shown and measured. Facet angle images may prove useful in the determination of print quality factors and could also serve to elucidate critical design criteria for papermaking. The program can also be used for topographical images generated by other means such as atomic force microscopy.

KEYWORDS

TOPOGRAPHY, SURFACE PROPERTIES, PAPER STRUCTURE, COMPRESSIBILITY, GLOSS, PRINT QUALITY, GRAVURE PRINTING, MICROSCOPY, IMAGE ANALYSIS, ANGLES.

ANNEXE V

PROGRAMMES D'ANALYSE D'IMAGES EN LANGAGE C


```

calib (nb, effichier)
/* Calibration en intensite */
/* Acquisition de nb images au meme endroit */
/* Mesure de l'intensite moyenne de chaque image */
/* Calcul de la moyenne et de l'ecart type sur les 10 images */
/* Affichage de la duree des mesures */
/* Les temps et les valeurs sont sauves*/
/* dans le fichier calib.don*/
/* si effichier=0 le fichier precedent est ecrase*/
/* si effichier=1 les valeurs sont ecrites a la suite */
/* Christine Barratte - juillet 94 */

{ float  moyenne = 0.0, ecart = 0.0 ;
  long   i ;
  float  valeur[2000] ;
  float   time1, time2, duree ;
  auto   fp;

  if (effichier==0) fp=fopen("calib.don","w") ;
  if (effichier==1) fp=fopen("calib.don","a") ;
  time1=clock() ;

  for (i=0 ; i<nb ; i++ )
  {
    live("Cal");
    if (i==0)
      if (RmShowWarning("freeze Ok ?"))
        freeze("Cal") ;
    if (i>0) freeze("Cal");
    extrema( "Cal");
    valeur[i] = MEAN ;
    moyenne = moyenne + valeur[i] ;
    /* printf(" %5.2f      %5.2f \n",time1*0.001+i*1.5, valeur[i]) */;
    fprintf(fp," %5.2f      %5.2f \n",time1*0.001+i*1.5, valeur[i]) ;
  }
  time2=clock() ;
  moyenne = moyenne/nb ;
  for (i=0 ; i<nb ; i++)
  { ecart=ecart+(valeur[i]-moyenne)*(valeur[i]-moyenne) ;
  }
  ecart = sqrt(ecart/nb) ;
  time1=time1*0.001 ;
  time2=time2*0.001 ;
  duree = time2 - time1 ;
  printf("T1 : %5.2f s, T2 : %5.2f s\n",time1, time2) ;
  printf("Time : %5.2f s\n", duree) ;
  printf("Average intensity : %5.2f\n",moyenne) ;
  printf("Standard deviation : %5.2f\n",ecart) ;
  fclose(fp) ;
}

```

```

SaveHist(image,filename)
/* Sauvegarde des valeurs de l'histogramme */
/* de image */
/* Christine Barratte - mars 94 */
{
    long i,imin,imax;
    long    tlow, thigh;
    long    tab[256];

    auto fp;
    lpHisto (image,0,255,&tlow, &thigh,tab);
    printf("Max %d,Min %d\n",thigh,tlow);
    fp=fopen(filename,"w") ;
    for (i=tlow;i<=thigh;i++)
        fprintf(fp,"%d    %d\n",i,tab[i]);
    fclose(fp);
}

```

```

Seuil(image)
/* Calcule le seuil en niveau de gris*/
/* pour separer le papier de l'encre */
/* Christine Barratte - juillet 94*/
{IMAGE nfi, nfo, nfnot, nfobin, nfw1, nfw2 ;
  IFORMAT format ;
  long   i;
  long   arearef=0 ;
  long   area=0 ;
  float   Carea=0.0 ;
  float   t[2] ;
  float   value[3] ;
  float   mini, maxi, mean ;

  value[0]=0.0 ; value[1]=0.0 ; value[2]=0.0 ;
  t[1] = 255 ;
  /* Declaration des images */
  format=IpAllocFormat();
  nfi=IpOpenImage(image,V_READ, format) ;
  nfnot=IpOpenImage("Not",V_WRITE, format) ;
  nfo=IpOpenImage("Ref",V_WRITE, format) ;
  nfw1=IpOpenImage("Work1",V_WRITE, format) ;
  nfw2=IpOpenImage("Work2",V_WRITE, format) ;
  SetImageCode(format, I_BIN, 0) ;
  nfobin=IpOpenImage("RefBin",V_WRITE, format) ;

  /* Negatif : Encre en blanc */
  IpBoolval(nfi,0,nfnot,V_NOT) ;
  /*Lissage des bords des points */
  IpClose(nfnot,nfo, 2) ;
  IpOpening(nfo, nfo, 2) ;
  /* Forte augmentation du contraste */
  IpMcontrast(nfo,nfo,nfw1,nfw2,10) ;
  IpCloseImage(nfw1) ;
  IpCloseImage(nfw2) ;
  UpdateLut(BINARY) ;
  /* IpDsplmg(nfo) ; */
  UpdateLut(NORMALF) ;
  /* Binarisation de l'image obtenue a une valeur standard*/
  IpExtrm(nfo,&mini,&maxi,&mean) ;
  t[0] = (maxi+mini)/2 ;
  printf("Seuil approche : %d\n", t[0]) ;
  IpThr(nfo,nfobin,t,value,V_BIN) ;
  UpdateLut(BINARY);
  /*Lissage des bords des points */
  IpClose(nfobin,nfobin, 2) ;
  IpOpening(nfobin, nfobin, 2) ;
  /*Mesure de la surface de l'image obtenue */
  /*surface reference */
  IpArea(nfobin,&arearef,&Carea) ;
  printf("Area ref  %d\n",arearef) ;
  IpAritval(nfnot,11,nfnot,V_ADD) ;

  /* Valeur de depart du seuil*/

```

```

i=30 ;

/* Binarisations successives */
/*pour approcher la valeur de surface reference */
area=format[1]*format[2] ;
while (area>arearef)
{
    i=i+1 ;
    t[0] = i ;
    lpThr(nfnof,nfobin,t,value,V_BIN) ;
    lpDsplmg(nfobin) ;
    lpArea(nfobin,&area,&Carea) ;
    /*printf("%d area %d\n",i,area) ;*/
}
printf("Seuil : %d (sur neg : %d)\n",255-i,i) ;
UpdateLut(NORMALF) ;
}

```

```

serie(nbit,Z,seuildon,fichier,reference)
/* Analyse une serie de nbit images */
/* Z : valeur du zoom du microscope */
/* seuildon : seuil ; 0 si pas de valeur donnee*/
/*          valeur pour le negatif sinon*/
/* Resultats : moyennes */
/* niveau de gris, pourcentage de couverture */
/* surface, perimetre, forme des points */
/* Dans le fichier : */
/*Ref Seuil Nbobjects Nvgris Grispts % */
/* Sm Ssd Pm Psd Fm Fsd */
/* Christine Barratte - novembre 94 */
{IMAGEnfi, nfo, nfnof, nfog, nfobin, nfw1, nfw2 ;
IFORMAT format ;
long  nbcell, i, j, nbtot, nbmesim, surflim, seuil ;
long  fac ;
float moy, ecart, couv, nivgris ;
float surf1, shap1, perim1 ;
float perim[3000], shap[3000], surfac[3000] ;
float mini, maxi, mean ;
char mlist={"Surface","Perimeter","Shape",""};
auto fp ;
long arearef=0 ;
long area=0 ;
float Carea=0.0 ;
float t[2] ;
float value[3] ;
long surfpoint ;
float gris,grispoint ;

fp=fopen(fichier, "a") ;
printf("%s  \n", reference) ;
fprintf(fp, "%s  \n ", reference) ;
nbtot = 0 ;
couv = 0 ;
nivgris =0 ;
surflim=10 ;
grispoint = 0 ;

value[0]=0.0 ; value[1]=0.0 ; value[2]=0.0 ;
t[1] = 255 ;

printf("Image n° : ");

for (j=0 ; j<nbit ; j++)
{
printf("%d, ",j+1) ;
nbmesim=0 ;
UpdateLut(NORMALF) ;
live("Acquis") ;
if(RmShowWaming("freeze Ok ?"))
freeze("Acquis") ;
else { freeze("Acquis") ; return 0 ;}
}

```

```

/* Declaration des images */
format=IpAllocFormat();
nfi=IpOpenImage("Acquis",V_READ, format) ;
nfnot=IpOpenImage("Not",V_WRITE, format) ;
nfo=IpOpenImage("Ref",V_WRITE, format) ;
nfog=IpOpenImage("PtGris",V_WRITE, format) ;
SetImageCode(format, I_BIN, 0) ;
nfobin=IpOpenImage("RefBin",V_WRITE, format) ;

fac=52.8/(Z*240)*1000 ;

/* Negatif : Encre en blanc */
IpBoolval(nfi,0,nfnot,V_NOT) ;

/*Determination du seuil s'il n'est pas donne*/
if (seuildon==0)
if (j==0)
{
    IpClose(nfnot,nfo,2) ;
    IpOpening(nfo,nfo,2) ;
    nfw1=IpOpenImage("Work1",V_WRITE, format) ;
    nfw2=IpOpenImage("Work2",V_WRITE, format) ;
    /* Forte augmentation du contraste */
    IpMcontrast(nfo,nfo,nfw1,nfw2,10) ;
    IpCloseImage(nfw1) ;
    IpCloseImage(nfw2) ;
    /* Binarisation de l'image obtenue a une valeur standard*/
    IpExtrm(nfo,&mini, &maxi, &mean) ;
    t[0] = (maxi+mini)/2 ;
    IpThr(nfo,nfobin,t,value,V_BIN) ;
    UpdateLut(BINARY);
    IpClose(nfobin,nfobin,2) ;
    IpOpening(nfobin,nfobin,2) ;
    /*Mesure de la surface de l'image obtenue */
    /*surface reference */
    IpArea(nfobin,&arearef,&Carea) ;

    /* Binarisations successives */
    /*pour approcher la valeur de surface reference */
    /* Valeur de depart du seuil : 200 */
    i=35 ;
    area=format[1]*format[2] ;
    while (area>arearef)
    {
        i=i+1 ;
        t[0] = i ;
        IpThr(nfnot,nfobin,t,value,V_BIN) ;
        IpDsplmg(nfobin) ;
        IpArea(nfobin,&area,&Carea) ;
        /*printf("%d area %d\n",i,area) ;*/
    }
    seuil=i ;
}
if (seuildon>0) seuil = seuildon ;

```

```

IpExtrm("Acquis",&mini,&maxi,&mean) ;
nivgris = nivgris + mean ;
/*printf("niv gris : %d %d\n",mean,nivgris) ;*/
t[0] = seuil ;
IpThr(nfnot,nfobin,t,value,V_BIN) ;
IpDsplmg(nfobin) ;
IpExtrm(nfobin,&mini,&maxi,&mean) ;
couv = couv +mean*100 ;

/* Gris moyen des points*/
IpBoolimg(nfobin,nfi,nfog, V_AND) ;
IpArea(nfobin, &surfpoint, &Carea) ;
IpExtrm(nfog,&mini, &maxi, &gris) ;

gris=gris*format[1]*format[2]/surfpoint ;
grispoint = grispoint + gris ;

/*printf("couv : %d %d\n",mean,couv) ;*/
IpBordr(nfobin,nfobin) ;
label(nfobin,"Lab");
UpdateLut(NORMALF) ;
/* Mesures individuelles*/
IpAInitBlobInfo(RESET_MEASURES, TRUE) ;
IpAInitBlobInfo(IS_LABELLED, TRUE) ;
IpAAddSeriesImages( {"Serie1",""} ) ;
IpAAddImage("Lab",&nbcell);
IpAInitBlobInfo(NUMBER_OF_BLOBS, nbcell);
IpASelectMeasure(mlist) ;

IpAGoMeasures("Lab","Lab");
filtre=CRmAllocTab(nbcell+1);
IpARecoverMeasures(mlist, &filtre);
surf1=CRmAllocTab(nbcell);
shap1=CRmAllocTab(nbcell);
perim1=CRmAllocTab(nbcell);

IpAGetMeasureData("Surface", &surf1);
IpAGetMeasureData("Shape", &shap1);
IpAGetMeasureData("Perimeter", &perim1);
for (i=0; i<nbcell ; i++)
{
/*printf("Surface de %d: %5.2f\n",i,surf1[i]);*/
if (surf1[i]>surflim)
{nbmesim=nbmesim+1;
surfac[nbmesim+nbtot]=surf1[i] ;
shap[nbmesim+nbtot]=shap1[i] ;
perim[nbmesim+nbtot]=perim1[i] ;
}
}

nbtot=nbtot+nbmesim;
IpAResetTree();

}

```

```

printf("\n") ;
printf("Seuil : %d (sur pos : %d)\n",seuil, 255-seuil) ;
fprintf(fp,"%d",seuil) ;
if (nbit>1)
    printf(" %d images analysées \n",nbit);
if (nbit==1)
    printf("%d image analysée \n",nbit);
printf("%d objets mesurés \n Résultats : \n",nbtot) ;
fprintf(fp,"    %d",nbtot) ;
nivgris = nivgris / nbit ;
printf("Moyenne niveau de gris : %5.1f\n",nivgris);
fprintf(fp,"    %5.1f",nivgris) ;
grispoint = grispoint / nbit ;
printf("Gris moyen des points : %5.1f\n",grispoint) ;
fprintf(fp,"    %5.1f",grispoint) ;
couv = couv/nbit ;
printf("Pourcentage couverture : %5.1f\n",couv);
fprintf(fp,"    %5.1f",couv) ;
moy=0; ecart=0;
for (i=1; i<=nbtot ; i++)
    {
        moy=moy+surfac[i] ;
        /*printf("Surface de %d : %5.2f, tot : %5.2f\n",i,surfac[i],moy) ;*/
    }
moy=moy/nbtot ;
for (i=1; i<=nbtot ; i++)
    ecart=ecart+(surfac[i]-moy)*(surfac[i]-moy);
ecart=ecart/nbtot ;
ecart=sqrt(ecart) ;
moy=moy*fac*fac ;
ecart=ecart*fac*fac ;
printf("Surface moyenne : %5.2f µm2\n          écart-type : %5.2f\n",moy,ecart);
printf("          coef var : %5.1f\n",ecart/moy*100);
fprintf(fp,"    %5.2f    %5.2f",moy,ecart) ;

moy=0; ecart=0;
for (i=1; i<=nbtot ; i++)
    {
        moy=moy+perim[i] ;
        /*printf("Perimetre de %d : %5.2f, tot : %5.2f\n",i,perim[i],moy) ;*/
    }
moy=moy/nbtot ;
for (i=1; i<=nbtot ; i++)
    ecart=ecart+(perim[i]-moy)*(perim[i]-moy);
ecart=ecart/nbtot ;
ecart=sqrt(ecart) ;
moy=moy*fac ;
ecart = ecart*fac ;
printf("Perimetre moyen : %5.2f µm\n          écart-type : %5.2f\n",moy,ecart);
printf("          coef var : %5.1f\n",ecart/moy*100);
fprintf(fp,"    %5.2f    %5.2f",moy,ecart) ;

moy=0; ecart=0;
for (i=1; i<=nbtot ; i++)

```



```

        moy=moy+shap[i] ;
moy=moy/nbtot ;
for (i=1; i<=nbtot ; i++)
    ecart=ecart+(shap[i]-moy)*(shap[i]-moy);
ecart=ecart/nbtot ;
ecart=sqrt(ecart) ;
printf("Forme moyenne : %5.2f\n      écart-type : %5.2f\n",moy,ecart);
printf("      coef var : %5.1f\n",ecart/moy*100);
fprintf(fp,"      %5.2f      %5.2f\n",moy,ecart) ;

fclose(fp) ;
}

```